



# Influence des émotions sur la prise de décision chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte : Comment le contexte socio-émotionnel et le développement des émotions contrefactuelles influencent-ils nos choix ?

Marianne Habib

## ► To cite this version:

Marianne Habib. Influence des émotions sur la prise de décision chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte : Comment le contexte socio-émotionnel et le développement des émotions contrefactuelles influencent-ils nos choix ?. Psychologie. Université René Descartes - Paris V, 2012. Français. NNT : 2012PA05H111 . tel-00794209

**HAL Id: tel-00794209**

**<https://theses.hal.science/tel-00794209>**

Submitted on 25 Feb 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE PARIS DESCARTES  
INSTITUT DE PSYCHOLOGIE  
Ecole Doctorale 261 « Cognition, Comportements, Conduites Humaines »

**THÈSE**

Pour obtenir le grade de  
**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS DESCARTES**  
**Discipline : Psychologie**  
**Mention Psychologie Cognitive du Développement**

Laboratoire de Psychologie du Développement et de  
l'Éducation de L'enfant – LaPsyDÉ

Présentée et soutenue publiquement par

**Marianne Habib**

Le 26 novembre 2012

---

**Influence des émotions sur la prise de décision  
chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte**

**Comment le contexte socio-émotionnel et le développement des  
émotions contrefactuelles influencent-ils nos choix ?**

---

**Jury**

I. BLANCHETTE, Professeure à l'Université du Québec à Trois-Rivières (rapporteur)  
M. CASSOTTI, Maître de Conférences à l'Université Paris Descartes (tuteur, membre invité)  
G. CORICELLI, Chargé de Recherche au CNRS (membre invité)  
O. HOUDÉ, Professeur à l'Université Paris Descartes (directeur de thèse)  
P. HUGUET, Directeur de Recherche au CNRS (rapporteur)  
D. MELLIER, Professeur à l'Université de Rouen (examinateur)  
S. MOUTIER, Professeur à l'Université Paris Descartes (directeur de thèse)

---

« Dans vingt ans vous serez plus déçus par  
les choses que vous n'avez pas faites que  
par celles que vous avez faites.  
Alors sortez des sentiers battus. Mettez les  
voiles. Explorez ! Rêvez ! Découvrez ! »

Mark Twain

## Remerciements

Je tiens à remercier Sylvain Moutier, qui m'a encouragée à poursuivre mes études dans le domaine de la recherche et qui a su me transmettre son enthousiasme pour la recherche en psychologie du développement. Je le remercie pour la confiance qu'il m'a témoignée depuis cinq ans, en me proposant des sujets de recherche passionnants et pour m'avoir laissé l'indépendance nécessaire à la réalisation de cette thèse.

Je tiens à remercier Olivier Houdé de son accueil si chaleureux au sein du LaPsyDÉ, de ses conseils avisés et de ses encouragements tout au long de mes trois années de thèse. Je tiens à le remercier de m'avoir considérée comme un membre à part entière de ce laboratoire dès mon arrivée. C'est également lui qui m'a suggéré de travailler sur la thématique du regret, je l'en remercie.

Je tiens à remercier Mathieu Cassotti de ses encouragements constants, de la qualité de ses conseils et de ses remarques, de sa bienveillance. Ce fut un réel plaisir de travailler à ses côtés au sein du LaPsyDÉ, de pouvoir bénéficier de sa grande connaissance de la littérature dans le domaine de la prise de décision et de l'indéfinissable *Cassotti's Touch*.

Je tiens à remercier la Professeure Isabelle Blanchette d'avoir accepté d'être rapporteur de cette thèse. Nos premiers échanges sur les interactions entre émotions et cognition ont été très riches et très stimulants. Je souhaite vivement que cette collaboration puisse se poursuivre au Québec.

Je tiens à remercier l'ensemble des membres du jury, MM. Giorgio Coricelli, Pascal Huguet et Daniel Mellier, qui me font l'honneur d'expertiser cette thèse. Merci pour le temps consacré à l'évaluation de ce travail.

Merci à Grégoire, qui m'a fait profiter de sa grande expertise et de sa grande rigueur dans le domaine de la psychologie expérimentale. J'ai beaucoup appris depuis son arrivée au LaPsyDÉ.

Merci également à ma collègue doctorante, Ania, ma coéquipière de bureau, de ses encouragements, de son regard aiguisé et de la pertinence de ses remarques dans le domaine de la prise de décision. J'ai beaucoup aimé nos moments de discussion dans le bocal. Merci également pour les bonnes choses qu'elle nous concocte.

Merci à Arlette, qui a pris le temps de relire ma thèse durant ses vacances, merci pour les précieux conseils qu'elle m'a prodigués et pour son aide lors du recrutement dans les écoles.

Merci à tous les grands voyageurs du LaPsyDÉ, Amélie, Anaïs, Arnaud, Céline, Claire-Sara, Grégory, Julie, Nicolas, Sandrine, Virginie et Wim, qui m'ont tous encouragée durant mes trois années de thèse et m'ont fait profiter de leurs connaissances techniques et théoriques dans le domaine de la psychologie cognitive et/ou du développement. Un merci tout particulier à Grégory, pour son aide précieuse lors de la réalisation de feedbacks sous e-prime, à Nicolas qui m'a confié la responsabilité d'enseignements en DEV1 et pour son aide lors des passations, merci également à Julie pour les délicieux gâteaux qu'elle nous apporte (pithiviers, macarons et autres bons desserts).

Je remercie Nathalie Angeard de m'avoir initiée à la recherche en psychologie du développement et de m'avoir confié la responsabilité d'enseignements en ITER1.

Merci également à Claire, Anita et Carole qui m'ont apporté leur aide précieuse dans l'ensemble des démarches administratives et qui nous permettent de nous consacrer au travail de recherche.

Merci à Mathurin, qui a toujours un sourire et un mot pour rire dans sa besace et qui nous facilite la vie dans les dédales de la Sorbonne.

Je remercie les équipes encadrantes et enseignantes du collège Guillaume de Normandie (Caen), de l'institut Saint Pierre (Brunoy) et de l'école d'arabe de Passy (Paris) qui m'ont accueillie dans leurs établissements et ont grandement facilité ma tâche. Merci à Mmes Bussièrès, El Daher et Trochu de m'avoir ouvert les portes de leur établissement. Merci aussi à tous les étudiants, enfants et adolescents qui ont participé avec enthousiasme à ces recherches, sans eux rien n'aurait été possible. Merci enfin à leurs parents, qui ont donné leur accord.

Merci à tous ceux qui m'ont encouragée à un moment (ou à plusieurs autres) de cette thèse. Un merci tout particulier à Arnaud, pour sa connaissance des macros sous Excel et pour le temps précieux qu'il m'a fait gagner lors de l'analyse des données. Merci à Andy, Aude, Babou, Blanca, Dhiv', Elodie, Eva, Jad, Khatijah, Marie, Maud, Nadette, Samia, Steph, Sylvain et Yannick. Merci à ceux d'entre eux qui ont accepté d'être mes cobayes lors de la réalisation des manipulations et/ou de relire une partie de ma thèse.

Je tiens à remercier ma famille. En particulier mes parents, Noha et Elias, qui m'ont toujours soutenue, qui m'ont donné le goût des études et de la lecture (si utiles dans le domaine de la recherche) et qui ont toujours su m'entourer de leur affection. Sylvie, pour son écoute et ses encouragements. Mon Tonton Fadi, pour la spontanéité de ses conseils et de ses encouragements, depuis ma plus tendre enfance. Le Petit, pour sa bonne humeur et sa joie de vivre.

Enfin, merci à Doug, c'est grâce à son soutien constant que j'ai pu garder le cap.

---

A Doug,  
A mes parents

# Sommaire

## Table des matières

Remerciements .....	2
Sommaire .....	5
<b>Présentation Générale.....</b>	<b>10</b>
<b>Introduction Théorique .....</b>	<b>14</b>
<b>Partie 1. Prise de décision à risque chez l'adulte.....</b>	<b>14</b>
I. Les modèles normatifs de la prise de décision .....	14
1. De l'espérance mathématique au concept d'utilité .....	14
2. La notion d'utilité espérée subjective .....	17
3. Le Paradoxe d'Allais, première remise en cause des modèles normatifs de la prise de décision.....	19
II. Des modèles normatifs aux modèles cognitifs : la « Prospect Theory ».....	21
1. Exemples de violations des axiomes de la théorie des jeux.....	21
2. La « Prospect Theory » .....	23
a. La fonction de valeur des gains et des pertes .....	23
b. La fonction de pondération des probabilités .....	28
3. Exemple emblématique de la violation du principe d'invariance : l'effet du cadre de présentation.....	31
a. Mise en évidence expérimentale de l'effet du cadre dans la prise de décision à risque .....	32
b. Apport des neurosciences cognitives dans la compréhension de l'effet du cadre .....	34
4. Biais décisionnels et théories du double processus.....	36
III. Rôle clé des émotions dans la prise de décision .....	40

1.	Les émotions guident-elles le processus décisionnel ? .....	41
2.	Influence des émotions incidentes et du contexte émotionnel sur la prise de décision.....	43
3.	Théorie(s) du regret.....	45
a.	Le regret, une émotion cognitive en lien avec la Prospect Theory .....	45
b.	La Théorie de régulation du regret .....	49
c.	Bases cérébrales du regret .....	51
d.	Influence du contexte socio-émotionnel sur le ressenti du regret .....	55
IV.	En conclusion .....	56
<b>Partie 2. Prise de décision à risque chez l'enfant et l'adolescent .....</b>		<b>58</b>
I.	Développement des notions de probabilité, de valeur espérée et d'utilité subjective chez l'enfant .....	58
1.	Genèse de la notion de hasard chez l'enfant, d'après la théorie piagétienne.....	58
a.	Etude des notions de mélange et d'irréversibilité dans le hasard.....	59
b.	Etude du dosage et de la représentation des probabilités .....	60
2.	Remise en question des résultats piagétiens .....	62
3.	La Prospect Theory permet-elle de rendre compte de la prise de décision chez l'enfant ?.....	66
II.	De la difficulté d'appliquer les théories du double processus en développement .....	69
1.	De l'intuition à la logique .....	69
2.	Trois systèmes en développement.....	70
3.	Le cas particulier de la Fuzzy-Trace Theory .....	72
III.	Influence du contexte socio-émotionnel sur la prise de décision à l'adolescence.....	77
1.	L'adolescence, une période particulière.....	77
2.	Le paradoxe de la prise de risque à l'adolescence .....	78
3.	Prise en compte du contexte émotionnel pour une meilleure compréhension de la prise de risque à l'adolescence .....	79



IV. Développement de deux émotions dites contre-factuelles chez l'enfant et l'adolescent : le regret et le soulagement .....	87
1. A partir de quel âge les enfants sont-ils capables d'éprouver du regret et du soulagement ? .....	88
2. Développement du regret et du soulagement à l'adolescence et influence sur la prise de décision .....	91
3. Développement de l'anticipation du regret et influence de cette anticipation sur la prise de décision des enfants et des adolescents .....	93
V. En conclusion .....	95
<b>Objectifs de la thèse.....</b>	<b>97</b>
<b>Partie Expérimentale .....</b>	<b>105</b>
<b>Etude 1a – Les émotions incidentes positives peuvent-elles nous aider à éliminer la sensibilité à l'effet du cadre ? .....</b>	<b>106</b>
Résumé .....	106
Introduction .....	107
Méthodologie .....	110
Participants .....	110
Procédure.....	110
Résultats .....	112
Discussion .....	114
Conclusion.....	117
<b>Etude 1b – Comment des émotions incidentes négatives influencent-elles la sensibilité à l'effet du cadre ?.....</b>	<b>118</b>
Résumé .....	118
Introduction .....	119
Méthodologie .....	120
Participants .....	120
Procédure.....	120

Résultats .....	121
Discussion .....	123
Conclusion.....	125
<b>Etude 2 – Influence d’émotions incidentes positives sur la sensibilité à l’effet du cadre à l’adolescence .....</b>	<b>127</b>
Résumé .....	127
Introduction .....	128
Méthodologie .....	130
Participants .....	130
Procédure.....	130
Résultats .....	131
Discussion .....	134
Conclusion.....	137
<b>Etude 3 – Etude développementale du ressenti du regret et du soulagement et de leur influence sur la volonté de recon-sidérer son choix .....</b>	<b>138</b>
Résumé .....	138
Introduction .....	139
Méthodologie .....	141
Participants .....	141
Matériel et procédure .....	142
Résultats .....	144
Analyse de la prise de risque des participants.....	145
Analyse des scores émotionnels.....	145
Analyse des scores de choix.....	147
Discussion .....	149
Conclusion.....	152
<b>Etude 4 – Influence du contexte socio-émotionnel à l’adolescence : Etude développementale du ressenti du regret social et du soulagement social.....</b>	<b>154</b>

Résumé .....	154
Introduction .....	155
Méthode.....	158
Participants .....	158
Procédure.....	158
Résultats .....	160
Analyse de la prise de risque.....	160
Analyse des scores émotionnels et des scores de choix .....	160
Analyse des scores émotionnels .....	161
Analyse des scores de choix.....	163
Discussion .....	164
Conclusion.....	166
<b>Discussion Générale .....</b>	<b>168</b>
<b>Références .....</b>	<b>178</b>
Annexes .....	194

# Présentation Générale

---

Tout au long de notre vie, nous sommes confrontés à un grand nombre de situations au cours desquelles nous devons prendre des décisions plus ou moins cruciales. Nous sommes à la fois confrontés à des choix individuels et à des choix impliquant d'autres personnes (nos proches, nos enfants, nos collègues).

Prenons l'exemple d'un adolescent, qui vient d'entrer en seconde et qui est convié à sa première soirée de l'année avec ses camarades de lycée. S'il y va, il sait qu'il passera un très bon moment et que cette soirée sera pour lui l'occasion de nouer des liens avec ses nouveaux camarades. En revanche, s'il ne s'y rend pas, il ne sera pas au courant des petites anecdotes liées à la soirée qui seront divulguées dans les jours à venir et pourra se sentir mis à l'écart. Malheureusement, cette soirée se déroule un vendredi et il a justement un examen d'anglais le lendemain, une matière dans laquelle il ne se débrouille pas très bien. Suite aux résultats décevants obtenus l'année précédente, ses parents l'ont prévenu qu'il devrait se montrer sérieux cette année et obtenir de bons résultats. Plusieurs possibilités s'offrent à lui : (i) rester chez lui et préparer sérieusement son examen, en ayant le sentiment de manquer une super soirée, (ii) demander à ses parents l'autorisation de s'y rendre, en prenant le risque qu'ils refusent et qu'ils pensent que le sermon parental est déjà oublié ou (iii) prétexter qu'il va réviser son examen chez un camarade pour se rendre à la soirée sans en avertir ses parents, en prenant le risque qu'ils le découvrent et qu'il ait à en subir les conséquences.

Voici un exemple de situation dans lequel un adolescent doit effectuer un choix entre différentes options, dont il doit évaluer les risques et les conséquences potentielles pour sa vie familiale, ses résultats scolaires et son statut social. C'est un choix individuel, mais qui se déroule dans un contexte social puisque l'adolescent doit prendre en considération la réaction éventuelle de ses parents ou de ses camarades de classe. C'est après avoir pris en compte l'ensemble de ces paramètres que l'adolescent cité dans l'exemple pourra effectuer son choix.

Cette situation de prise de décision, dans laquelle les issues sont incertaines, est qualifiée de prise de décision en contexte d'incertitude. Le jugement sur l'incertitude inclut un gradient de probabilité (la probabilité qu'un événement se réalise), ainsi qu'une notion de gain (ou d'avantage) et de perte (ou d'inconvénient). Au sein de ce continuum de probabilités et de gains, se situe l'étude de la prise de décision à risque.

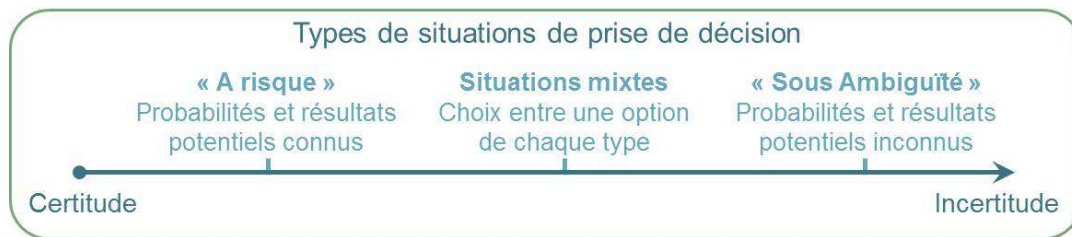


Figure 1 : Au sein du jugement sur l'incertitude, on distingue plusieurs domaines de prise de décision, en fonction du niveau d'information donné au participant.

La prise de décision à risque correspond à un domaine du jugement sur l'incertitude, dans lequel l'issue est incertaine mais les probabilités de gains et de pertes et les sommes en jeu sont clairement définies. Ce domaine présente l'intérêt de pouvoir modéliser de façon systématique des situations de la vie quotidienne : chaque fois qu'une personne se trouve face à différentes possibilités et qu'elle doit effectuer un choix entre ces possibilités (Zeelenberg & Pieters, 2004).

Dans l'exemple de situation de prise de décision ci-dessus, quel choix fera notre adolescent ? Est-il possible, pour une personne extérieure, de prédire ses décisions ? Comme nous le verrons dans la première partie de cette thèse, depuis de nombreuses décennies, les mathématiciens et les psychologues ont tenté de comprendre comment les individus effectuent leurs choix et quels paramètres sont pris en compte lors de ces décisions, alors même que l'incertitude existe (Bernouilli, 1738/1954<sup>1</sup>; Pascal, 1670/1974<sup>2</sup>; Von Neumann & Morgenstern, 1947).

Les premières théories de la décision, dites normatives, postulaient que les choix des individus résultaient d'une action purement cognitive, logico-mathématique, laissant peu de place aux émotions dans le processus de prise de décision. Les émotions suscitées par ces décisions ou précédant celles-ci étaient vues comme des épiphénomènes et non comme faisant partie intégrante du processus de prise de décision (Loewenstein, Weber, Hsee & Welch, 2001). Par la suite, de nombreuses études de psychologie et de neuroéconomie ont remis en question ces théories normatives et souligné l'importance des émotions dans le processus décisionnel, chez l'enfant comme chez l'adulte, notamment à travers l'étude de la survenue d'erreurs systématiques – les biais – qui caractérisent la prise de décision (Blanchette & Richards, 2010; Coricelli, Dolan & Sirigu, 2007; De Martino, Kumaran, Seymour & Dolan, 2006; Houdé et al., 2001; Lerner & Keltner, 2001; Loewenstein et al., 2001; Petit, Basso, Huguet, Plassmann, Oullier, 2011). Dès lors qu'il implique des pertes et des gains potentiels,

<sup>1</sup> La première version de cet essai, rédigé en latin et intitulé « Specimen theoriae novae de mensura sortis », a été publiée en 1738, avant d'être traduit en anglais et publié dans la revue *Econometrica* en 1954.

<sup>2</sup> L'édition originale des *Pensées* fut imprimée en 1670.

le processus de prise de décision à risque est fortement lié aux émotions (ressenties ou anticipées) qui peuvent survenir avant, pendant ou après les choix (Loewenstein, et al., 2001; Zeelenberg, Nelissen, Breugelmans, & Pieters, 2008). Si les émotions peuvent parfois mener les individus au biais (De Martino et al., 2006), elles peuvent également constituer une aide dans l'accès à la logique, grâce à la récupération d'une expérience émotionnelle antérieure (Houdé et al., 2000 ; Spiess, Etard, Mazoyer, Tzourio-Mazoyer, & Houdé, 2007).

De nombreuses questions restent en suspens concernant l'influence des émotions et du contexte émotionnel dans la prise de décision des individus. En particulier, l'exemple donné au début de cette présentation met en lumière les enjeux sociaux qui ne manqueront pas d'influencer nos choix tout au long du développement. La période de l'adolescence en particulier est une période critique au cours de laquelle la prise de risque est accrue dans la vie quotidienne (conduites à risques variées telles que la conduite en état d'ivresse ou la consommation de substances illicites ; Albert & Steinberg, 2011). L'adolescence est ainsi une période paradoxale, puisque les capacités cognitives des adolescents sont proches de celles des adultes, alors que la prise de risque est fréquente. Afin de mieux comprendre ce paradoxe, différents chercheurs ont mis en exergue – à nouveau – le rôle majeur des émotions et du contexte émotionnel dans la prise de risque des adolescents (Albert & Steinberg, 2011; Casey, Getz & Galvan, 2008; Ernst et al., 2006). Cependant, peu d'études se sont intéressées à l'influence du contexte émotionnel dans des situations de prise de décision impliquant de l'incertitude. Dès lors, il nous paraît intéressant d'étudier cette influence dans une perspective développementale, afin d'examiner l'évolution des interactions entre les processus émotionnels et décisionnels, en fonction de l'âge des participants.

Parmi les émotions qui influencent la prise de décision, le regret est une émotion très riche et très forte que nous ressentons lorsque nous avons le sentiment d'avoir manqué une opportunité. C'est une émotion dite contrefactuelle, car elle repose sur une comparaison entre ce qui est advenu et ce qui aurait pu advenir si nous avions effectué un choix différent. Nous avons tous ressenti du regret à un moment de notre vie, suite à des choix cruciaux ou plus futiles, cette émotion a d'ailleurs été illustrée dans de nombreuses œuvres. Ainsi, dans son roman « A la recherche du temps perdu », Marcel Proust (1988) précise par l'intermédiaire d'un des personnages qu'« il n'y a pas d'homme si sage qu'il soit, qui n'ait à telle époque de sa jeunesse prononcé des paroles, ou même mené une vie, dont le souvenir lui soit désagréable et qu'il souhaiterait être aboli ».

Comme l'illustre cette citation, le regret est une émotion qui renvoie à une action que nous souhaiterions avoir réalisé différemment ou encore que nous réaliserions différemment

s'il était possible de revenir en arrière. Le regret se distingue cependant du remord car il n'implique pas forcément de considération morale, sur une bonne ou une mauvaise action, il n'entraîne pas un sentiment de « mauvaise conscience ». Cependant, il implique une notion de responsabilité, puisqu'il concerne un choix que nous avons effectué, mais également une notion de réévaluation et de reconsidération de ses choix - « si j'avais su, j'aurais fait cela autrement ». Dans ce cas, le regret est ressenti de façon rétrospective, mais il peut également être ressenti de façon anticipée. C'est en effet une émotion que l'on peut ressentir avant même d'effectuer son choix, de peur de le regretter, en particulier lorsqu'il s'agit de faire un choix qui se distingue de nos habitudes. Dans l'exemple donné ci-dessus, l'anticipation du regret que l'adolescent pourrait ressentir si ses parents découvrent son mensonge peut le pousser à prendre une décision raisonnable et à rester chez lui pour préparer son examen. Puisque cette émotion est si puissante qu'elle nous pousse à réévaluer nos choix, il semblerait judicieux de penser qu'elle peut jouer un rôle dans les apprentissages. Il est alors possible d'anticiper le regret que nous pourrions ressentir si nous effectuions un choix inapproprié, ce qui nous permettrait de choisir de façon plus adaptée.

Ainsi, l'objectif principal cette thèse est d'examiner l'influence des émotions et du contexte socio-émotionnel sur la prise de décision des enfants, des adolescents et des adultes. Il s'agit d'étudier dans un premier temps comment un contexte émotionnel incident, indépendant de la tâche, peut influencer la tendance des individus à succomber à un biais décisionnel d'origine émotionnelle : l'effet du cadre de présentation. Nous étudierons ensuite le développement d'émotions dites contrefactuelles – le regret et son pendant positif, le soulagement – faisant partie intégrante du processus décisionnel, ainsi que leur influence sur la volonté des individus de reconsidérer leur choix, dans une perspective développementale. Enfin, nous nous intéresserons à l'influence d'un contexte socio-émotionnel prégnant sur le ressenti de ces émotions contrefactuelles.

Cette thèse sera composée de deux parties. Dans une première partie, nous réaliserons une présentation des premiers modèles théoriques de la prise de décision à risque chez l'adulte, chez l'enfant et chez l'adolescent, ainsi que leur remise en cause. Nous inclurons à cet historique les études portant sur l'influence des émotions et du contexte socio-émotionnel sur ce processus. Dans la seconde partie, nous présenterons nos études expérimentales, portant sur l'influence du contexte socio-émotionnel et sur le développement des émotions contrefactuelles dans la prise de décision à risque, au cours du développement. La partie expérimentale de cette thèse sera composée de quatre études incluant un total de 254 participants.

# Introduction Théorique

---

## Partie 1. Prise de décision à risque chez l'adulte

La prise de décision à risque correspond à un cas particulier du jugement sur l'incertitude. On parle de prise de décision à risque lorsqu'un individu doit effectuer un choix entre différentes options dont les probabilités de gain et de perte, ainsi que les résultats potentiels sont exposés de façon explicite. Les modèles normatifs de la prise de décision à risque ont cherché à définir les normes en fonction desquelles l'être humain, présumé rationnel, effectue ses choix. Ces théories considèrent généralement qu'il existe cinq éléments nécessaires à une prise de décision adaptée : (i) l'identification des options, (ii) l'évaluation des conséquences possibles de chaque option, (iii) l'évaluation de l'attractivité de chaque conséquence, (iv) l'estimation des probabilités d'occurrence de chaque conséquence et (v) l'application d'un algorithme de décision aux informations précédentes afin d'identifier l'option présentant la plus grande valeur espérée, qui correspond au produit de la probabilité de gagner par le montant monétaire des jeux (Albert & Steinberg, 2011).

Dans cette première partie, nous présenterons un bref historique des théories normatives de la prise de décision, puis la remise en cause de celles-ci par les modèles cognitifs avant d'aborder le rôle clé des émotions dans la prise de décision chez l'adulte.

### I. Les modèles normatifs de la prise de décision

Les modèles normatifs de la prise de décision ont cherché à théoriser la prise de décision d'individus confrontés à un choix entre plusieurs options incertaines. D'après ces modèles, l'être humain présumé rationnel effectue ses choix en fonction de critères formels et de calculs objectifs.

#### 1. De l'espérance mathématique au concept d'utilité

Le philosophe et mathématicien Blaise Pascal est considéré comme le premier théoricien à avoir posé les bases du calcul des probabilités au 17<sup>ème</sup> siècle (Cadet & Chasseigne, 2009). Afin de comprendre les règles qui régissent les jeux de hasard (jeux de dés), il considère non seulement l'ensemble des événements gagnants mais également



l'ensemble des événements perdants susceptibles de se produire au cours du jeu. Son analyse de la structure du jeu est qualifiée de prospective, car elle prend en compte toute la succession possible des événements pouvant se produire durant le jeu. Ainsi, Pascal introduit la notion de hasard dans les mathématiques.

Pascal est aussi le premier à introduire le concept d'*espérance mathématique* dans la prise de décision, qui correspond à la moyenne pondérée des gains (notés  $x$ ) par leurs probabilités respectives (notées  $p$ ). Pour une loterie dont le nombre d'option est égale à  $n$ , l'*espérance*, appelée également valeur espérée, est la suivante :

$$E(x) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + (\dots) + x_n p_n.$$

Imaginons que l'on vous propose de faire tourner une roue de la fortune pour laquelle vous avez 50% de chance de gagner 100€ et 50% de risque de perdre 50€, l'espérance mathématique de la roue est calculée de la façon suivante :  $.50 \times 100 + .50 \times (-50) = 25$ .

Dans le cadre de cette approche normative, afin de réaliser un choix, tout être humain devrait se baser sur ce critère mathématique et privilégier l'option présentant l'*espérance mathématique* la plus élevée.

Malgré cela, Pascal précise que « notre raison est toujours déçue par l'inconsistance des apparences ». A cette époque, Pascal laisse déjà une place aux biais de raisonnement, il est conscient que l'être humain n'est pas pleinement rationnel, comme l'illustre cette phrase issue des Pensées : « l'homme n'est qu'un sujet plein d'erreur, naturelle et ineffaçable sans la grâce. [...] Tout l'abuse ; ces deux principes de vérités, la raison et les sens, outre qu'ils manquent chacun de sincérité, s'abusent réciproquement l'un l'autre » (Pascal, 1670/1974).

Par la suite, le « Paradoxe de Saint Petersburg », décrit par Daniel Bernoulli (1738/1954), met en évidence les limites de l'*espérance mathématique*. Ce paradoxe repose sur un jeu de type pile ou face. Pour pouvoir jouer, le participant doit miser une somme de départ, puis le jeu se déroule de la façon suivante : selon que le côté face de la pièce apparaît au 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> ou  $n^{\text{ième}}$  coup, le joueur recevra une somme égale à  $2^n$ , où  $n$  représente le nombre de lancers.

Si le côté face apparaît, le joueur gagne 2 euros et le jeu s'arrête. Si le côté pile apparaît, on relance la pièce.

Si le côté face apparaît à ce moment-là, le joueur gagne 4 euros et le jeu s'arrête. Si non, on relance la pièce.

Si le côté face apparaît à ce moment-là, le joueur gagne 8 euros et le jeu s'arrête. Et ainsi de suite...

Dans ce jeu, les participants ont la possibilité de miser le montant de leur choix. Pour le premier lancer, l'espérance mathématique de gain est par exemple égale à 1 (le sujet a une chance sur 2 de gagner 2€,  $1/2 \times 2$ ) ; pour le second lancer, elle est aussi égale à 1 (le sujet a une chance sur 4 de gagner 4€,  $1/4 \times 4 = 1$ ) et ainsi de suite. L'espérance mathématique de gain est calculée en faisant la somme des probabilités de gain de tous les cas possibles. L'addition d'une infinité de termes qui valent tous 1 conduit à une espérance mathématique de gain positive et infinie (Lopes, 1994).

Si les participants raisonnaient uniquement sur la base de l'espérance mathématique de gain, ils devraient miser la totalité de leurs biens. Pourtant, Bernoulli constate que les participants suivent une stratégie différente et misent des sommes modestes à chaque partie. Cette faible mise s'explique par le fait que le gain possible (égal à  $2^n$ , où  $n$  représente le nombre de lancers) reste relativement limité, ce qui décourage les participants de miser de fortes sommes.

Cette situation amène Bernoulli à s'interroger sur les critères régissant la prise de décision financière des individus. Pour comprendre ce qui amène chaque personne à prendre une décision, Bernoulli introduit le concept de *valeur subjective* de l'argent (c'est-à-dire propre à chaque individu) en lieu et place du concept de valeur nominale de l'argent. En effet, le plaisir de gagner 1000€ ne sera pas le même pour une personne aux revenus très modestes par rapport à une personne aux revenus très élevés (Bernoulli, 1954; Mellers, 2000). Les individus évaluent en réalité le plaisir ou la satisfaction psychologique du gain, plutôt que le gain lui-même : il nomme ce concept l'*utilité*. L'*utilité* est calculée en établissant un rapport entre l'accroissement de la fortune et le montant global des biens déjà possédés (Cadet & Chasseigne, 2009). Une personne qui effectuerait ses choix sur la base de l'*utilité espérée* tel que l'a définie Bernoulli, se focaliserait essentiellement sur la richesse qui sera sienne une fois ce choix fait (Loewenstein, Rick & Cohen, 2008) et non sur le choix en lui-même. Ainsi, le rapport entre le gain potentiel et la fortune déjà acquise augmenterait rapidement au début, avant de ralentir graduellement en fonction de la richesse totale. Ce qui conduit Bernoulli à formaliser ce concept à l'aide d'une fonction logarithmique, la *loi de diminution de l'utilité marginale* (cf. Figure 2, ci-dessous). D'après cette fonction concave, la différence entre les utilités de 100€ et de 200€ sera plus importante que la différence entre les utilités de 900€ et 1000€ (Kahneman & Tversky, 1984).

Suite à l'étude du « Paradoxe de Saint Petersburg », l'*utilité espérée* par les individus est définie comme le produit de la désirabilité (ou utilité) d'une option par sa probabilité

d'occurrence (Loewenstein et al., 2008). Les individus choisiraient l'option dont l'*utilité espérée* est la plus élevée.

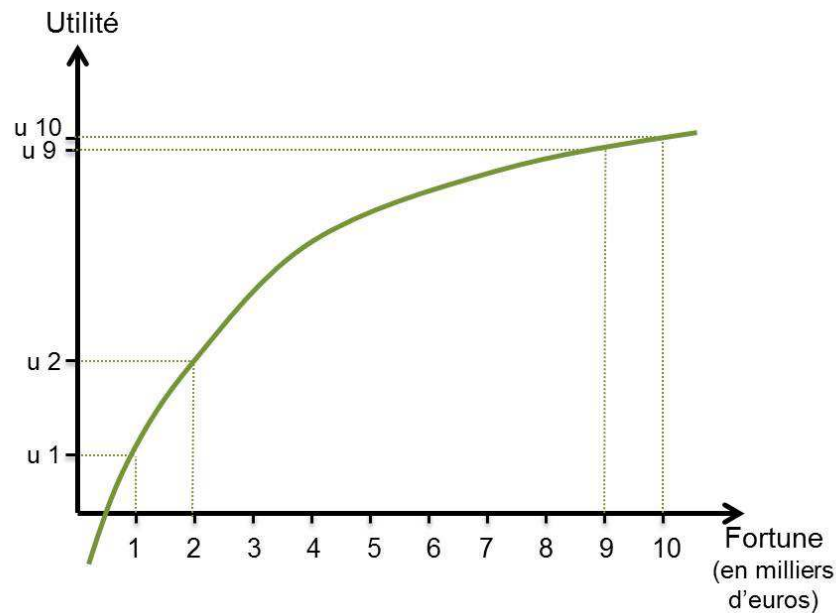


Figure 2 : La loi de diminution de l'utilité marginale. D'après cette fonction concave, la différence entre les utilités de 1 et de 2 ( $u_2 - u_1$ ) sera plus importante que la différence entre les utilités de 9 et de 10 ( $u_{10} - u_9$ , d'après Bernoulli, 1738/1954).

Lorsque les participants sont confrontés à un choix entre un gain sûr de 700€ et 70% de chance de gagner 1000€, l'option sûre est fortement privilégiée au détriment de l'option risquée, bien que les deux options présentent la même espérance mathématique de gain. D'après la loi de diminution de l'utilité marginale, l'utilité d'un gain de 700€ est supérieure à 70% de l'utilité d'un gain de 1000€. Ainsi, dans le cas d'un choix entre une option risquée et une option sûre de même valeur espérée, la concavité de la loi de diminution marginale de l'utilité entraînera une préférence pour le gain sûr (Kahneman & Tversky, 1984).

Bernoulli est ainsi le premier à avoir cherché à expliquer l'aversion au risque qui caractérise la plupart des joueurs. Dans le jeu de hasard sur lequel repose le paradoxe de « Saint Petersburg », le gain possible est très limité et peu désirable, l'accroissement de la richesse du joueur sera donc extrêmement faible (Lopes, 1994; Mellers, 2000). L'application du concept d'*utilité espérée* au paradoxe de « Saint Petersburg » explique pourquoi les joueurs ne choisissent pas de miser une somme d'argent importante lors de ce jeu, quand bien même il maximise l'*utilité espérée*.

## 2. La notion d'utilité espérée subjective

Ce sont deux mathématiciens du 20<sup>ème</sup> siècle, John Von Neumann et Oskar Morgenstern, qui vont les premiers intégrer la notion d'*utilité espérée* à l'analyse des

situations de prise de décision, ce qui va les conduire à élaborer leur « théorie des jeux » (Von Neumann & Morgenstern, 1947).

La théorie des jeux a pour objectif de déterminer les stratégies d'action optimales dans des contextes de jeux (Cadet & Chasseigne, 2009). D'après cette théorie, une prise de décision rationnelle devrait correspondre à une optimisation des choix du point de vue de leur utilité espérée.

Plusieurs axiomes découlent de cette théorie et vont déterminer le choix des participants. Parmi ces axiomes, nous en retiendrons trois principaux qui régissent respectivement les préférences et les choix des participants :

(a) D'après l'axiome de *substitution*, lorsque l'individu est confronté à un choix entre deux options, le fait de remplacer l'une des options ne devrait pas conduire à une inversion des préférences (si l'option 'A ou C' est préféré à l'option 'B ou C', la chance d'obtenir 'A ou D' est préférée à une chance égale d'obtenir 'B ou D').

(b) L'axiome d'*invariance* requiert que l'ordre de préférence entre les propositions ne dépende pas de leur formulation (Kahneman & Tversky, 1984).

(c) L'axiome d'*indépendance* des alternatives pertinentes implique que les préférences entre deux options A et B soient régies uniquement par l'utilité espérée de ces options et soient indépendantes de toute autre considération, y compris de l'ajout de nouvelles options. Si A est préféré à B, quel que soit C et quelle que soit la probabilité p, l'option combinée (A x p + C x (1-p)) devrait être préférée à l'option combinée (B x p + C x (1-p)) ».

D'après les axiomes de la théorie des jeux, les préférences des individus restent guidées par une maximisation de l'utilité espérée (Lopes, 1994). Selon cette théorie, les décisions et les comportements des êtres humains s'effectuent sur des bases purement rationnelles.

Par la suite, Savage introduit en 1951 le principe '*minimax*', afin de prédire au mieux les choix des individus dans des situations d'incertitude. Selon ce principe, notre choix s'effectuera de façon à ce que la perte associée à ce choix soit la plus faible possible. D'après cette théorie, tout sujet s'attachera à réaliser le meilleur choix afin de minimiser la perte maximale possible (Savage, 1951).

Puis, Savage (1954) proposa une synthèse théorique de la théorie de l'*utilité espérée* de Von Neuman et Morgenstern (1947). D'après cette synthèse, appelée théorie de l'*utilité espérée subjective*, les individus choisiraient l'option qui maximise l'*utilité espérée* (Savage, 1954). Cependant, plutôt que de pondérer l'utilité avec la probabilité que ce fait se produise, ils pondéreraient l'utilité par leur croyance que ce fait survienne. Les croyances reflèteraient

alors le degré de confiance dans la survenue d'un résultat et pas nécessairement sa fréquence réelle d'occurrence (Mellers, 2000). Savage considère sa théorie comme une théorie normative, puisque les individus peuvent dévier des théories rationnelles mais seront capables de prendre conscience de leur erreur pour la corriger ultérieurement (Heukelom, 2007).

Savage introduit alors une émotion dans la théorisation de la prise de décision, avec la notion de regret. Le regret repose sur une comparaison entre ce qui a été obtenu et l'alternative contrefactuelle, c'est-à-dire ce qui aurait pu l'être. Le regret survient lorsque cette comparaison est défavorable au sujet. D'après le critère du '*minimax regret*' chaque sujet cherchera à éviter le regret qui découlerait d'une prise de décision non optimale. Le regret est considéré comme une variable quantifiable, sur la base des possibilités qui s'offrent au sujet (Savage, 1954). Cependant, cet axiome a été décrit comme peu attrayant car il implique un degré trop important d'aversion à la perte, les individus étant supposés focaliser leur attention sur le pire scénario à l'exclusion de tout autre (Mellers, Schwartz, & Ritov, 1999).

Bien que les émotions commencent à être intégrées aux théories de la prise de décision, seules sont considérées les émotions reposant sur une composante cognitive. Le regret repose en effet sur la prédiction de la nature et de l'importance du ressenti futur, en fonction de la probabilité d'occurrence de chaque option (Loewenstein, Weber, Hsee, & Welch, 2001). Le regret repose par ailleurs sur une comparaison entre différentes options. Cette émotion est donc en relation très étroite avec les capacités de raisonnement, en particulier contrefactuelles, faisant référence à la capacité de penser à ce qui aurait pu se produire (Epstude & Roese, 2008).

### **3. Le Paradoxe d'Allais, première remise en cause des modèles normatifs de la prise de décision**

Les modèles de l'*utilité espérée* et de l'*utilité espérée subjective* se veulent généraux et ont été élaborés afin d'expliquer le comportement de tout individu placé dans une situation de prise de décision à risque. Convaincu que ces modèles ne permettent pas d'expliquer le comportement d'un homme réel, Allais propose d'infirmer ces théories sur la base d'un seul exemple de comportement rationnel allant à leur rencontre (Allais, 1953).

Dès 1952, Allais présente deux énoncés dont les résultats sont en contradiction évidente avec les modèles de l'*utilité espérée* et de l'*utilité espérée subjective*.

*Enoncé 1* : Préférez-vous la situation A ou la situation B ?

- Situation A : Recevoir 100 millions de façon certaine.
- Situation B : 10% de chance de gagner 500 millions  
89% de chances de gagner 100 millions  
Et 1% de chance de ne rien gagner.

*Enoncé 1'* : Préférez-vous la situation C ou la situation D ?

- Situation C : 11% de chance de gagner 100 millions  
Et 89% de chances de ne rien gagner.
- Situation D : 10% de chance de gagner 500 millions  
Et 90% de chances de ne rien gagner.

D'après l'axiome de substitution et l'axiome d'indépendance, les choix des sujets devraient être cohérents : si dans l'énoncé 1, la situation A est la plus populaire, dans l'énoncé 2, c'est la situation C qui devrait être la plus populaire. Mais les résultats obtenus par Allais (1952) ne sont pas conformes à cette description.

Dans l'énoncé 1, la probabilité de gagner varie de façon importante entre les deux situations. Dans ce cas, les sujets préfèrent majoritairement la situation A, de gain certain, dont la valeur espérée est la plus faible. Dans l'énoncé 2, la probabilité de gain varie de façon faible entre les deux situations, alors que la somme en jeu varie de façon importante. Notons que l'énoncé 2 (situations C et D) peut être obtenu en retirant respectivement 89% de chance de gagner 100 millions aux situations A et B. Cependant, ce changement dans la présentation des options rend l'option C moins désirable puisqu'aucune situation n'offre de gain certain. Les sujets changent de stratégie et préfèrent majoritairement la situation D, maximisant ainsi la valeur espérée et non leur chance de gagner.

Dans cet exemple, les réponses des sujets ne suivent pas systématiquement les mêmes critères de décision (la même distribution des probabilités et des utilités), mais varient en fonction de la formulation des énoncés, remettant en question les modèles classiques de la prise de décision. En particulier, le paradoxe d'Allais remet en question l'axiome d'indépendance et l'axiome de substitution (Allais, 1953; Cadet & Chasseigne, 2009; Kahneman & Tversky, 1984). La conception selon laquelle l'être humain évalue les alternatives selon « une analyse coût/bénéfice pour déterminer l'utilité de chaque option en traitant toutes les informations disponibles et en estimant correctement les probabilités qui leur sont associées » (Petit, Basso, Huguet, Plassmann, Oullier, 2011, p. 1002) est mise à mal par le paradoxe d'Allais. Cette première violation ouvre la voie à de nouvelles conceptions, comme la Prospect Theory élaborée par Kahneman & Tversky (1979).

## II. Des modèles normatifs aux modèles cognitifs : la « Prospect Theory »

A la suite des travaux d'Allais (1952), Kahneman et Tversky initient le programme « heuristiques et biais » visant à mettre en évidence les transgressions systématiques des axiomes de la théorie des jeux. Après avoir présenté ces violations systématiques, nous présenterons le modèle cognitif qu'ils ont développé.

### 1. Exemples de violations des axiomes de la théorie des jeux

Kahneman et Tversky proposent différentes situations de prise de décision, dans lesquelles les réponses des sujets violent systématiquement la théorie de l'utilité espérée (Kahneman & Tversky, 1979). Ils reproduisent d'abord le paradoxe d'Allais de façon massive, à partir de différents types d'énoncés.

*Enoncé 2* : Préférez-vous la situation A ou la situation B ?

- **Situation A** : Gagner une semaine de vacances en Angleterre de façon certaine  
[Option choisie par 78 % des sujets]<sup>3</sup>
- **Situation B** : 50% de gagner trois semaines de vacances en France, en Italie et en Angleterre.  
50% de chance de ne rien gagner.  
[22 % des sujets]

*Enoncé 2'* : Préférez-vous la situation C ou la situation D ?

- **Situation C** : 10% de gagner une semaine de vacances en Angleterre.  
Et 90% de chances de ne rien gagner.  
[Option choisie par 33 % des sujets]
- **Situation D** : 5% de gagner trois semaines de vacances en France, en Italie et en Angleterre.  
95% de chance de ne rien gagner  
[67 % des sujets]

Ainsi, dans les cas où des prospects positifs (des gains) sont en jeu, il y a violation systématique de l'axiome d'indépendance. Dans l'énoncé 3, la certitude de gagner favorise la situation A, par rapport à la situation B, qui présente pourtant une plus forte valeur espérée (50% de 3 semaines = 1,5 semaine de vacances). L'option permettant de gagner de façon certaine est privilégiée, les participants présentant une tendance à éviter le risque pour rechercher un gain sûr (Kahneman & Tversky, 1979; Mellers, 2000).

---

<sup>3</sup> Dans chaque énoncé, le pourcentage de sujets choisissant chaque situation est donné à titre indicatif sur la base des travaux de Kahneman et Tversky (1979), mais ne font pas partie des énoncés proposés aux participants.



En revanche, dans l'énoncé 4, les participants préfèrent l'option D à l'option C. Ainsi, lorsqu'aucune des options ne présente de gain certain, c'est à nouveau la valeur espérée des options qui oriente les préférences des sujets. Cette préférence pour un gain certain par rapport à la potentialité d'un gain plus élevé est illustrée par Jean de La Fontaine dans sa fable *Le Petit Poisson et le Pêcheur* : « un tiens vaut mieux que deux tu l'auras ».

Comme le montrent les énoncés 3 et 3' à 6 et 6', le pattern de résultats obtenu par Kahneman et Tversky (1979) est très différent lorsque les sommes en jeu sont remplacées par des valeurs négatives.

*Enoncé 3* : Préférez-vous la situation A ou la situation B ?

- Situation A : 80% de chance de gagner 4000€.  
[20 % des sujets]
- Situation B : Gagner 3000€ de façon certaine.  
[80 % des sujets]

*Enoncé 3'* : Préférez-vous la situation C ou la situation D ?

- Situation C : 80% de chance de perdre 4000€.  
[92 % des sujets]
- Situation D : Perdre 3000€ de façon certaine.  
[8 % des sujets]

Les résultats obtenus dans les énoncés présentant des valeurs négatives violent le principe d'indépendance de la même façon que les résultats obtenus dans les énoncés présentant des valeurs positives. Les sujets privilégient systématiquement les situations certaines (situation A) aux situations incertaines, bien que la valeur espérée de l'option A ( $4000 \times .8 = 3200$ ) soit plus élevée que celle de l'option B (3000€) (Kahneman & Tversky, 1979). De plus, les résultats obtenus dans les énoncés présentant des valeurs négatives sont systématiquement en miroir par rapport aux énoncés présentant des valeurs positives. S'ils privilégient le gain certain dans l'énoncé 3, ils préfèrent au contraire la situation de perte probable dans l'énoncé 3' (cf. également Tableau 1, ci-dessous).

Tableau 1 : Préférences entre prospects positifs et négatifs d'après Kahneman & Tversky (1979).

Prospects Positifs			Prospects Négatifs		
	Situation A	Situation B		Situation C	Situation D
<b>Enoncé 4</b>	4000€, $p = .20$	3000€, $p = .25$	<b>Enoncé 4'</b>	-4000€, $p = .20$	-3000€, $p = .25$
% de sujets	<b>65%</b>	35%		42%	<b>58%</b>
<b>Enoncé 5</b>	3000, $p = .90$	6000, $p = .45$	<b>Enoncé 5'</b>	-3000, $p = .90$	-6000, $p = .45$
% de sujets	<b>86%</b>	14%		8%	<b>92%</b>
<b>Enoncé 6</b>	3000, $p = .002$	6000, $p = .001$	<b>Enoncé 6'</b>	-3000, $p = .002$	-6000, $p = .001$
% de sujets	27%	<b>73%</b>		<b>70%</b>	30%



Cet effet, dit *de réflexion*, pousse les sujets à rechercher le risque d'une perte probable pour éviter une perte sûre. Afin d'expliquer ce résultat, qui va à l'encontre des théories de l'utilité espérée, Kahneman et Tversky (1979, p. 269) proposent que « le poids de la certitude favorise l'aversion aux pertes, tout comme elle favorise la désirabilité des gains ».

## **2. La « Prospect Theory »**

L'observation de différents phénomènes allant à l'encontre des modèles standards de la prise de décision a conduit Kahneman et Tversky à proposer un modèle cognitif alternatif permettant de rendre compte de la prise de décision à risque, la théorie de la perspective ou « Prospect Theory » (Kahneman & Tversky, 1979).

Les « prospects » correspondent à un terme qui lie un résultat potentiel  $x_i$  à sa probabilité de gain  $p_i$ . D'après la théorie de l'utilité, l'utilité globale d'un prospect correspondrait à l'addition de l'utilité espérée de tous les résultats possibles d'un énoncé (Kahneman & Tversky, 1979).

D'après la Prospect Theory, le processus décisionnel serait composé de deux phases : une phase d'édition et une phase d'évaluation (Kahneman & Tversky, 1979).

La phase d'édition a pour fonction d'organiser et de reformuler les options afin de simplifier l'évaluation et le choix ultérieur. Au cours de cette phase, différentes opérations sont réalisées sur la base d'un point de référence en-dessous duquel les prospects sont considérés comme des pertes et au-dessus duquel les prospects sont considérés comme des gains. Les anomalies observées dans les préférences résultent de cette phase d'édition.

Suite à ces opérations, le décideur peut évaluer les prospects afin de déterminer celui qu'il considère comme étant le plus avantageux. C'est la phase d'évaluation.

Ainsi, d'après la Prospect Theory, le décideur se focalise sur les gains et pertes possibles de chaque issue, en fonction d'un point de référence, et non sur la situation dans son ensemble, comme le postulaient les théories de l'utilité espérée.

Nous allons voir par la suite que deux fonctions essentielles influencent le choix des décideurs : la fonction de valeur des gains selon laquelle les gains et les pertes sont évalués en fonction d'un point de référence et la fonction de pondération des probabilités d'après laquelle la valeur d'un prospect est pondérée par un poids subjectif.

### **a. La fonction de valeur des gains et des pertes**

La fonction de valeur se présente sous la forme d'une courbe en forme de S (cf. Figure 3, ci-dessous) qui satisfait trois propriétés principales (Kahneman & Tversky, 1979; Trepel, Fox, & Poldrack, 2005; Tversky & Kahneman, 1992). Après avoir décrit chacune de ces propriétés

principales, nous ajouterons des exemples de travaux récents, issus de la neuroéconomie et confirmant ces propriétés.

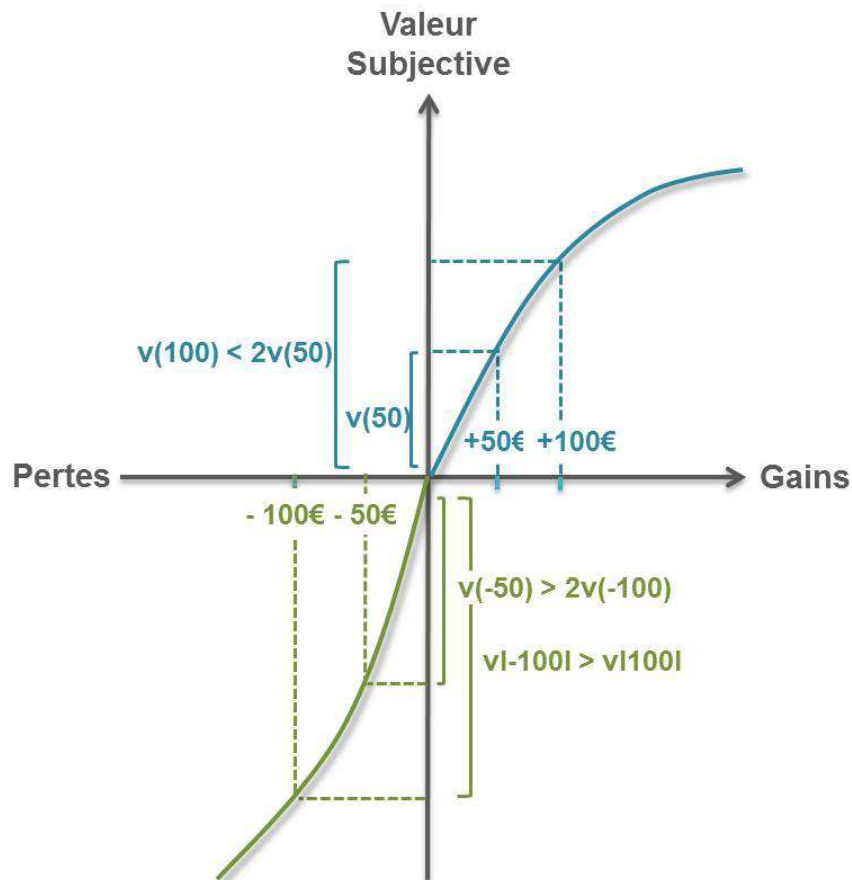


Figure 3 : La fonction de valeur (Kahneman & Tversky, 1979) est définie sur la base de déviations des gains et des pertes à partir d'un point de référence, qui correspond généralement à la valeur de zéro. Elle est concave au-dessus du point de référence ( $v(100) < 2v(50)$ ) favorisant l'aversion au risque et convexe en-dessous du point de référence ( $v(-50) > 2v(-100)$ ), favorisant la prise de risque. De plus, la fonction de valeur est plus raide pour les pertes que pour les gains, entraînant une forte aversion aux pertes ( $|v(-100)| > |v(+100)|$ ).

- i. La valeur des prospects est définie sur la base de déviations des gains et des pertes à partir d'un point de référence. Ce point de référence correspond généralement au statu quo, avec  $v(0) = 0$ , mais peut varier en fonction des individus et selon les situations. Ainsi, les options ne sont pas considérées en fonction de la richesse globale d'un individu mais en fonction d'un point de référence. Kahneman et Tversky affirment « qu'il est plus naturel de considérer les résultats financiers comme des gains et des pertes plutôt que comme des états de notre richesse » (Kahneman & Tversky, 1984, p. 344).

La propriété selon laquelle la valeur des prospects est définie sur la base de déviations à partir d'un point de référence a été confirmée dans une étude de Breiter, Aharon, Kahneman, Dale et Shizgal (2001). De façon particulièrement astucieuse, ils ont fait varier le point de référence des sujets en proposant des roues à trois secteurs, pour lesquelles la valeur

0 était soit le résultat le moins élevé, soit le résultat le plus élevé, soit le résultat médian (cf. Figure 4, ci-dessous).

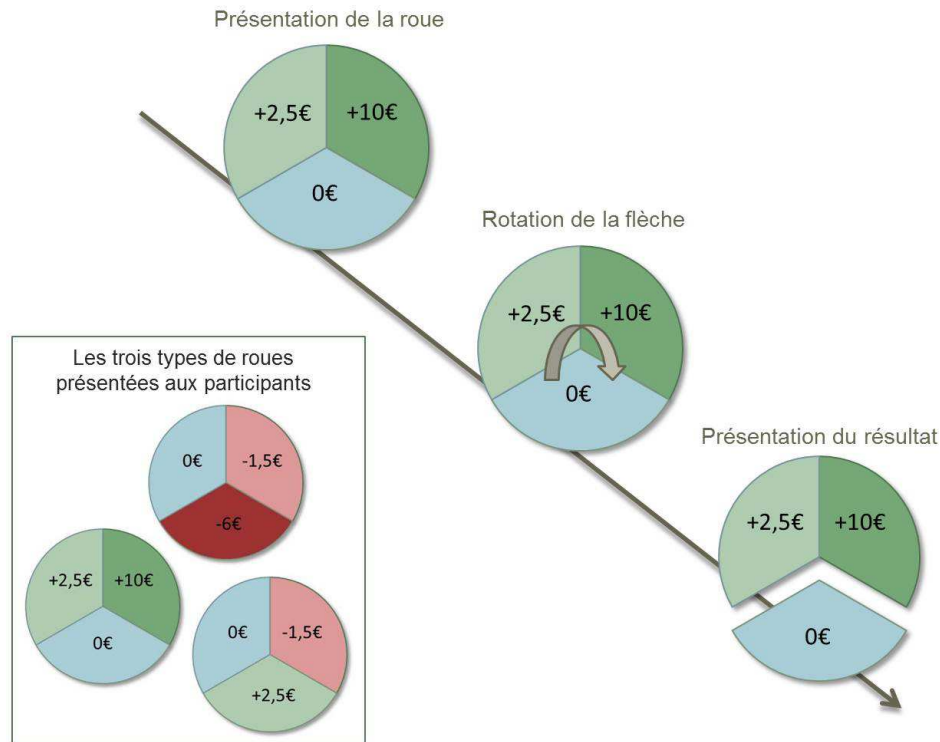


Figure 4 : Méthodologie de l'expérience de Breiter et al. (2001). Les participants visualisent à chaque essai une roue de la fortune à trois secteurs. Trois types de roues sont présentés aux participants pour lesquelles la valeur 0 est soit le résultat le moins élevé, soit le résultat le plus élevé, soit le résultat médian.

Les données d'imagerie cérébrale fonctionnelle révèlent une prise en compte différenciée du résultat 0 en fonction des roues. Les activations observées dans le noyau accumbens et l'amygdale sublenticulaire, au résultat nul 0, sont modulées par la valeur de cette somme au sein des roues (valeur minimale, médiane ou maximale, cf. Figure 5 ci-dessous). Ainsi, la réponse à une valeur donnée est modulée par les résultats alternatifs de chaque roue et repose sur une comparaison contrefactuelle entre le résultat obtenu et celui qui aurait pu être obtenu (Breiter et al., 2001).

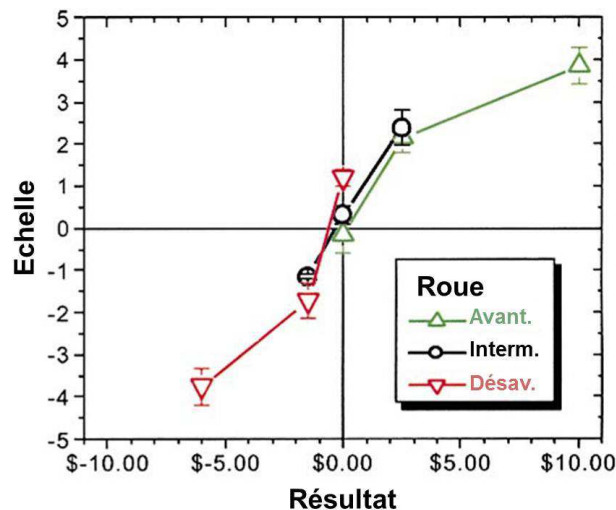


Figure 5 : Evaluation des résultats obtenus par les participants pour chaque type de roue. Le résultat nul 0 est évalué différemment en fonction des résultats alternatif de chaque roue (d'après Breiter et al., 2001).

- ii. La fonction de valeur est généralement concave pour les gains et convexe pour les pertes. Elle est en effet concave au-dessus du point de référence et convexe en dessous du point de référence. Ainsi, la valeur des gains et des pertes décroît avec leur magnitude. Par exemple, un gain de 50€ présente une valeur espérée supérieure à la moitié d'un gain de 100€ (cf. Figure 3, p. 24), ce qui conduit les sujets à favoriser un gain sûr (gagner 50€ de façon certaine) à un gain probable de même valeur espérée (gagner 100€ avec une probabilité de .50). De la même façon, deux gains se produisant séparément auront généralement une plus grande valeur qu'un gain important équivalent du point de vue de la somme. Concernant les pertes, une perte de 50€ aura une plus grande valeur que la moitié d'une perte de 100€, ce qui incitera les individus à privilégier une perte probable (perdre 100€ avec une probabilité de .50) à une perte sûre (perdre 50€ de façon sûre). Ainsi, la concavité de la courbe pour les gains contribue à l'aversion au risque pour les gains, tandis que la convexité de la courbe pour les pertes contribue au comportement de recherche de prise de risque pour les pertes, comme illustré par l'effet de réflexion.
- iii. Enfin, la fonction de valeur est plus raide pour les pertes que pour les gains. Tversky et Kahneman décrivent cette propriété de la façon suivante : « les pertes pèsent plus lourd que les gains » (Kahneman & Tversky, 1979, p. 279). D'après cette propriété, l'amplitude du déplaisir qui découle d'une perte de 100€ sera plus importante que l'amplitude du plaisir associé à un gain du même montant ( $v|-100| > v|+100|$  ; cf. Figure 3, p. 24). Cette propriété contribue à la forte aversion aux pertes et a été confirmée ultérieurement par plusieurs études de prise de décision (Tom, Fox, Trepel,

& Poldrack, 2007; Tversky & Kahneman, 1992). C'est cette aversion aux pertes qui conduit les sujets à rejeter les pertes sûres, provoquant l'effet de réflexion (cf. Tableau 1, p. 22).

La forme de la fonction de valeur peut entraîner une préférence pour l'inaction. En effet, dans le cas d'un choix entre une action et une inaction, les sujets auront tendance à évaluer les avantages de la situation présentée comme des gains et ses inconvénients comme des pertes. Dans le cas où le participant doit effectuer un choix entre une option mixte (dans laquelle le participant a 50% de chances de gagner et 50% de chances de perdre) et l'inaction, l'aversion aux pertes favorisera l'inaction plutôt que l'action. Cet effet découle de la forme de la courbe de valeur : les sujets étant plus sensibles aux pertes, la valeur attribuée aux pertes potentielles de la roue sera plus grande que la valeur associée à ses gains potentiels, ce qui conduit les participants à se focaliser sur les pertes, à rejeter le choix de l'option mixte et à préférer l'inaction. D'après Kahneman et Tversky, l'aversion aux pertes favorisant l'inaction à l'action, fournit ainsi une protection limitée contre le regret, en réduisant l'attraction des options alternatives (Kahneman & Tversky, 1984).

Cette préférence pour l'inaction a été confirmée dans une étude de Tom, Fox, Trepel, et Poldrack (2007). Afin d'étudier les bases neurales de l'aversion aux pertes dans la prise de décision, ils ont proposé aux participants une tâche dans laquelle ils avaient la possibilité d'accepter ou de rejeter des roues mixtes (dans lesquelles le participant a 50% de chances de gagner et 50% de chances de perdre). Sachant que les participants sont généralement deux fois plus sensibles aux pertes, les gains potentiels étaient compris entre 10 et 40, alors que les pertes potentielles étaient comprises entre 5 et 20. Les résultats comportementaux confirment une préférence pour l'inaction lorsque le ratio entre les gains et les pertes est inférieur à 2. Par ailleurs, cette étude met en évidence une corrélation significative entre le comportement des sujets et l'aversion neurale aux pertes dans un ensemble de régions incluant le striatum ventral bilatéral, le cortex préfrontal supérieur et le cortex pariétal inférieur droit. Ainsi, les différences interindividuelles observées dans les comportements d'aversion au risque sont motivées par des différences dans la sensibilité neurale aux pertes potentielles.

D'après l'étude de Tom et al. (2007) un réseau cérébral unique (incluant les régions dopaminergiques, le striatum ventral et le cortex préfrontal ventromédian) coderait à la fois pour les gains et les pertes, avec une augmentation de l'activité suite aux gains et une diminution de l'activité suite aux pertes.

Par ailleurs, certaines études mettent en évidence le rôle prépondérant des processus émotionnels dans l'aversion aux pertes, ce qui se traduirait par le recrutement d'aires

cérébrales dédiées aux émotions, comme l'amygdale ou l'insula antérieure (Dreher, 2007; Yacubian et al., 2006). A l'aide d'une étude dont la méthodologie était similaire à celle de Tom et al. (2007), De Martino, Camerer et Adolphs (2010) ont mis en évidence le rôle clé joué par l'amygdale dans la sensibilité aux pertes. Ils ont comparé les choix effectués par des sujets contrôles, à ceux effectués par des patients présentant une lésion focale bilatérale de l'amygdale. Les patients cérébro-lésés présentent une plus faible propension à l'inaction, leur taux d'acceptation des roues mixtes étant plus élevé. Ainsi, les patients présentent un comportement d'aversion à la perte réduit par rapport aux sujets contrôles. Ces résultats conduisent à penser que l'amygdale jouerait un rôle essentiel dans le traitement des pertes potentielles, conduisant les sujets sains à éviter de prendre des risques pouvant conduire à une perte. Le phénomène d'aversion aux pertes serait ainsi sous-tendu par l'activation d'une structure cérébrale dédiée aux émotions.

### b. La fonction de pondération des probabilités

Les préférences des sujets sont influencées par une seconde fonction, la fonction de pondération des probabilités. Cette fonction implique que la valeur de chaque résultat est multipliée par un poids décisionnel (cf. Figure 6 ci-dessous). Ce poids décisionnel correspond aux chances perçues qu'un événement se produise et non aux probabilités réelles (Kahneman & Tversky, 1979).

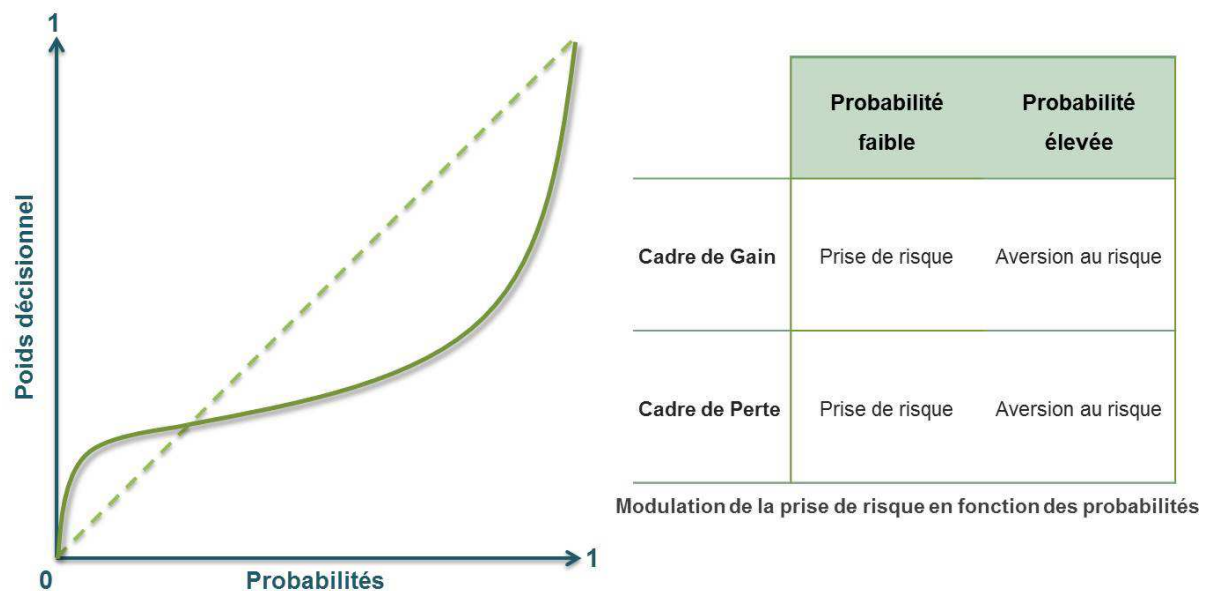


Figure 6 : Le poids décisionnel n'étant pas corrélé de façon linéaire avec les probabilités, la fonction de pondération des probabilités (Kahneman et Tversky, 1979) est représentée par une courbe concave pour les probabilités faibles et convexe pour les probabilités moyennes et fortes.

Cette fonction est normalisée de sorte que le poids d'une probabilité de 0 soit égal à 0 et le poids d'une probabilité de 1 soit égal à 1. Entre ces deux points, la fonction de pondération des probabilités est concave près de zéro et convexe près de 1.

Ainsi, les probabilités moyennes et fortes sont sous-estimées, conduisant à une aversion au risque dans le cadre des gains et à une recherche de prise de risque dans le cadre des pertes (cf. énoncés 3 & 3' et 5 & 5', Tableau 1, p. 22). En revanche, les faibles probabilités sont surestimées, contribuant à « l'effet de réflexion » : une recherche de prise de risque dans le cadre des gains et une aversion au risque dans le cadre des pertes (cf. énoncés 6 & 6', Tableau 1, p. 22).

Le poids décisionnel n'est pas régi par les mêmes règles que celles qui régissent les probabilités. Cette grandeur psychologique qu'est le poids décisionnel n'est pas corrélée de façon linéaire avec les probabilités, il en découle plusieurs règles spécifiques. En particulier, la somme d'événements incertains dont les probabilités sont égales à 1 aura un poids décisionnel inférieur à celui attribué à un événement certain (Kahneman & Tversky, 1979; Trepel et al., 2005). Les individus préféreront par exemple recevoir un gain certain de 100€ plutôt que deux tickets de loterie – l'un permettant de gagner 100€ avec une probabilité de .60 et l'autre permettant de gagner 100€ avec une probabilité de .40. Cette propriété, appelée *subcertitude*, contribue à l'aversion au risque dans le cas des gains.

De la même façon, le principe de *subadditivité* conduit à la dévaluation de la somme des probabilités d'un événement. Les décideurs auront ainsi tendance à préférer un événement dont la probabilité est égale à .10, plutôt qu'une situation dont la somme des probabilités est égale à .10.

Par ailleurs, du fait de la simplification des prospects dans la phase d'édition, les individus peuvent rejeter/dévaluer les événements de très faible probabilité. En contradiction avec les règles de probabilité, un passage de l'impossibilité à la possibilité (aussi petit soit-il) ou de la possibilité à la certitude a un impact plus fort qu'un changement comparable autour des probabilités médianes (Kahneman & Tversky, 1984).

Exemple : Imaginons qu'un médecin propose à un patient un traitement pour lequel le risque de décès est de 5% et à un autre patient un traitement pour lequel le risque de décès est de 50%. Suite à un nouveau protocole expérimental, les patients peuvent bénéficier d'une diminution de 5% de leur risque de décès. Cette diminution sera ressentie bien plus fortement par le premier patient, dont la probabilité de décéder sera nulle, par rapport au second patient dont la probabilité de décéder diminuera de .50 à .45.



Ce phénomène conduit les sujets à donner plus de poids aux faibles probabilités ou au contraire à les négliger complètement, rendant ainsi la prédiction des comportements très incertaine (Kahneman & Tversky, 1979, 1984). Par exemple, lorsque les différences de probabilités entre deux options sont très faibles (1% de chance de gagner 6000 euros ou 2% de chance de gagner 3000 euros), ce sont les sommes en jeu qui sont prises en compte et non la chance de gagner, conduisant les sujets à privilégier la première des deux options (cf. énoncé 6, Tableau 1, p. 22).

Concernant les fortes probabilités, les événements certains ont un poids beaucoup plus important que les événements incertains (quand bien même la probabilité de gagner serait de 95%), ce qui conduit à une aversion au risque dans le cas des gains. À l'inverse, l'incertitude est grandement favorisée par rapport à la certitude en cas de pertes, ce qui conduit les sujets à privilégier les choix risqués aux choix sûrs (Kahneman & Tversky, 1979, 1984). C'est ce phénomène qui est observé dans le paradoxe d'Allais.

Ce traitement distinct des probabilités faibles et fortes par rapport aux probabilités moyennes a été étudié par Preuschoff, Bossaerts et Quartz (2006) de façon très élégante. Le matériel était constitué de cartes à jouer (comprises entre 1 et 10). Les participants étaient informés qu'à chaque essai, deux cartes seraient aléatoirement sélectionnées par l'ordinateur au sein d'une couleur (pique, trèfle, carreau ou cœur). Au début de chaque essai, les participants avaient pour consigne de placer un pari sur la valeur de la seconde carte qui serait tirée, en répondant à la question suivante : la valeur de la seconde carte sera-t-elle plus faible ou plus élevée (cf. Figure 7 ci-dessous). Après avoir vu la première carte, les participants peuvent facilement déduire leur probabilité de gagner ou de perdre leur pari (dans l'exemple donné dans la Figure 7, le participant a 7 chances sur 10 d'obtenir une carte plus élevée).

Les résultats neuronaux mettent en évidence un traitement distinct de la valeur espérée et de la probabilité, aussi bien sur le plan temporel que sur le plan des structures cérébrales activées. Le traitement des probabilités est fortement corrélé à un réseau comprenant le striatum ventral bilatéral et l'insula. Cette corrélation est qualifiée par une tendance quadratique, avec une courbe en U-inversé. Cette courbe présente un pic pour la probabilité de .50, le niveau d'activation étant minimal pour les probabilités égales à 0 et 1. Cette étude met ainsi en évidence un traitement neural distinct des probabilités moyennes par rapport aux probabilités extrêmes (0 et 1), comme cela a été théorisé par la Prospect Theory.



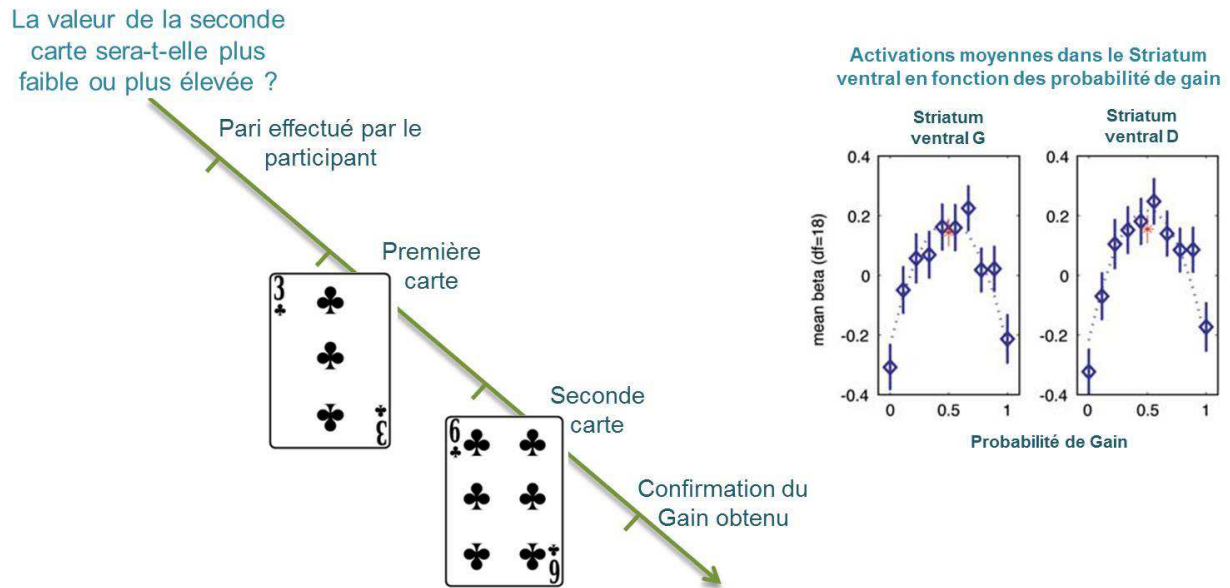


Figure 7 : Méthodologie utilisée par Preuschoff et al. (2006). A chaque essai, les participants ont pour consigne de placer un pari sur la valeur de la seconde carte (comprise entre 1 et 10). A partir de la première carte, les participants peuvent facilement déterminer la probabilité d'obtenir une carte plus faible ou plus élevée.

### 3. Exemple emblématique de la violation du principe d'invariance : l'effet du cadre de présentation

Les modèles normatifs de la prise de décision supposent que les décideurs respectent le principe d'invariance : les préférences ne doivent pas être influencées par la formulation des options (Trepel et al., 2005). En revanche, la Prospect Theory postule d'une part que le décideur se focalisera sur les gains et pertes possibles de chaque issue à partir d'un point de référence, et d'autre part que nos préférences sont influencées par les distorsions de la fonction de valeur et de la fonction de pondération des probabilités (Trepel et al., 2005). Ces paramètres peuvent conduire le décideur à être influencé par la formulation des options.

Exemple : Imaginez que vous soyez sur le point d'acheter une veste d'une valeur de 125€ et une calculatrice d'une valeur de 15€. Le vendeur vous informe que la calculatrice est en vente à 10€ dans une autre enseigne de la marque, située à 20 minutes de route. Vous rendriez-vous à l'autre boutique ?

Ce problème, initialement proposé par Thaler (1980), a été repris par Kahneman et Tversky (1984) pour illustrer l'impact de la formulation des options sur la décision des participants. Ils ont présenté à des sujets adultes deux problèmes différents dans lesquels la réduction de 5€ était effectuée soit sur l'achat de la calculatrice, soit sur l'achat de la veste. De façon étonnante, alors que 68% des participants sont prêts à se rendre dans une autre boutique pour obtenir leur réduction dans le problème initial, seul 29% des participants sont prêts à faire le même trajet lorsque la réduction de 5€ est effectuée sur l'achat de la veste.

Bien que la réduction soit exactement la même dans les deux cas, le point de référence à partir duquel la réduction est effectuée diffère. Ainsi, une réduction de 5€ sur un objet valant initialement 15€ semble avoir une plus grande valeur qu'une réduction identique sur un objet valant 125€. Ces résultats illustrent de façon flagrante l'influence de la formulation des options sur la prise de décision des individus. De plus, ils constituent une remise en cause flagrante des théories de l'utilité, puisque la valeur attribuée à la réduction n'est pas liée à la richesse personnelle du sujet mais au prix des produits qui seront achetés.

#### **a. Mise en évidence expérimentale de l'effet du cadre dans la prise de décision à risque**

A partir de ce premier exemple mettant en évidence l'influence de la formulation des options sur la prise de décision, Tversky et Kahneman (1981) proposent à leurs étudiants les deux énoncés suivants, afin d'étudier plus en avant la violation du principe d'invariance :

*Énoncé 9 :* Imaginez que le gouvernement américain se prépare à une recrudescence de la grippe asiatique, qui risque de provoquer la mort de 600 personnes. Deux programmes alternatifs sont proposés pour combattre ce virus. Supposez que les estimations scientifiques des conséquences de ces programmes soient les suivantes :

Si le programme A est adopté, 200 personnes seront sauvées.

Si le programme B est adopté, il y a une probabilité d' $1/3$  que 600 personnes soient sauvées, et de  $2/3$  qu'il n'y ait aucun survivant.

Lequel de ces deux programmes adopteriez-vous ?

*Énoncé 10 :* la consigne est la même, mais cette fois les estimations scientifiques varient :

Si le programme C est adopté, 400 personnes mourront.

Si le programme D est adopté, il y a une probabilité d' $1/3$  que personne ne meure, et de  $2/3$  que les 600 personnes soient tuées.

Lequel de ces deux programmes adopteriez-vous ?

Dans l'énoncé 9, la majorité des participants (72%) choisit le programme A, présentant ainsi un profil d'aversion au risque. La certitude de sauver 200 vies apparaît plus attractive qu'un prospect risqué présentant pourtant très exactement la même valeur espérée.

A l'inverse, dans l'énoncé 10, la majorité des participants (78%) privilégie le programme D, présentant cette fois un profil de prise de risque. Le prospect risqué, offrant la possibilité que personne ne soit tué, est ici plus attractif que la certitude que 400 personnes ne meurent.

Bien que les deux énoncés soient strictement équivalents en termes mathématiques, la préférence des individus se porte alternativement sur l'option sûre ou sur l'option risquée en fonction de leur formulation. Ce biais décisionnel, décrit comme un « effet du cadre » (Tversky & Kahneman, 1981), conduit les participants à être systématiquement influencés par la façon de formuler les options. Les individus sont « aversifs au risque » quand les options sont formulées en termes de gain et au contraire « preneurs de risques » lorsque ces mêmes options sont formulées en termes de perte (Kahneman & Tversky, 1984; Tversky & Kahneman, 1981). L'effet du cadre respecte l'effet de réflexion mis en évidence par la Prospect Theory : les participants présentant une tendance à éviter le risque pour s'assurer un gain certain et à l'inverse une tendance à rechercher le risque lorsqu'ils sont confrontés à une perte certaine.

Toutefois, il faut noter que l'effet du cadre et l'effet de réflexion constituent deux biais décisionnels distincts. L'effet de réflexion fait référence à une inversion des préférences lorsque les sujets sont confrontés à un choix entre deux options présentant un résultat positif par rapport à un choix entre deux options présentant un résultat négatif. L'effet du cadre survient lorsque le choix est influencé par la formulation des options en termes de gain et de perte, alors même que la valeur espérée de l'option présentée en cadre de gain est strictement équivalente à celle de l'option présentée en cadre de perte (Fagley, 1993). Dans les énoncés 9 et 10, la valeur espérée de l'ensemble des options est en effet identique ( $V.E.(A) = V.E.(B) = V.E.(C) = V.E.(D)$ ).

Cette modification des préférences en fonction du cadre de présentation s'explique par les propriétés de la fonction de valeur et de la fonction de probabilité. La valeur associée à la certitude de sauver 200 vies est supérieure à la valeur associée à la probabilité d'1/3 de sauver 600 vies. En revanche, la valeur associée à la certitude que 400 personnes ne meurent apparaît plus aversive que la valeur associée à la probabilité de 2/3 que l'ensemble des personnes ne meure.

Cet effet du cadre serait le reflet d'un mode de pensée minimal, utilisé par les individus pour simplifier l'évaluation et réduire la demande en termes de charge cognitive (Tversky & Kahneman, 1981).

Par ailleurs, nous avons vu que les théories normatives de la prise de décision laissaient peu de place aux concepts hédoniques. L'étude de l'effet du cadre conduit Kahneman et Tversky à introduire l'exploration de l'expérience hédoniste liée à la prise de décision (Kahneman & Tversky, 1984). Le point de référence hédoniste serait largement déterminé par le statu quo mais serait également affecté par les comparaisons sociales et les

attentes de chaque individu. L'expérience hédoniste est vue comme un facteur qui contribue au biais décisionnel qu'est l'effet du cadre, car elle est très sensible à la désirabilité des changements.

### **b. Apport des neurosciences cognitives dans la compréhension de l'effet du cadre**

La question est alors de déterminer quelles sont les bases neurales impliquées dans la sensibilité à l'effet du cadre de présentation. De Martino, Kumaran, Seymour et Dolan (2006) élaborent une tâche de prise de décision financière basée sur les travaux de Tversky et Kahneman (1981). Au début de chaque essai, les participants reçoivent une somme d'argent fictive (e.g. « tu reçois 50 € »). Puis, les participants sont confrontés à un choix entre une option sûre et une option risquée représentée sous forme de roue de la fortune, qui peut entraîner soit une perte de la totalité de la somme obtenue au début de l'essai, soit un gain de la totalité de cette somme (cf. Figure 8 ci-dessous). La formulation de l'option sûre varie en fonction du cadre : dans le cadre de « Gain », les participants ont la possibilité de garder une partie de la somme (e.g. 20€), tandis que dans le cadre de « Perte », les participants ont la possibilité de perdre une partie de la somme (e.g. 30€).

Les résultats comportementaux sont en accord avec les résultats obtenus par Tversky et Kahneman (1981), les participants étant très fortement affectés par le cadre de présentation. En cadre de perte, les participants présentent une tendance forte à la prise de risque, alors qu'en cadre de gain, ils présentent une tendance à préférer l'option sûre. Ces résultats comportementaux sont sous-tendus par des résultats neurofonctionnels, la tendance à succomber à l'effet du cadre étant liée à l'activation de l'amygdale bilatérale. Cette zone cérébrale, connue pour être fortement impliquée dans le traitement émotionnel (Trepel et al., 2005), est significativement plus activée lorsque les participants choisissent l'option risquée dans le cadre de perte et l'option sûre dans le cadre de gain. À l'inverse, le cortex cingulaire antérieur présente une augmentation de son activité lorsque les participants répondent de façon inversée par rapport à l'effet du cadre (en choisissant l'option risquée dans le cadre de gain et l'option sûre dans le cadre de perte). Par ailleurs, de Martino et al. (2006) ont également mis en évidence une corrélation significative entre l'absence de sensibilité à l'effet du cadre et l'activation du cortex orbitofrontal droit et du cortex ventromédian.

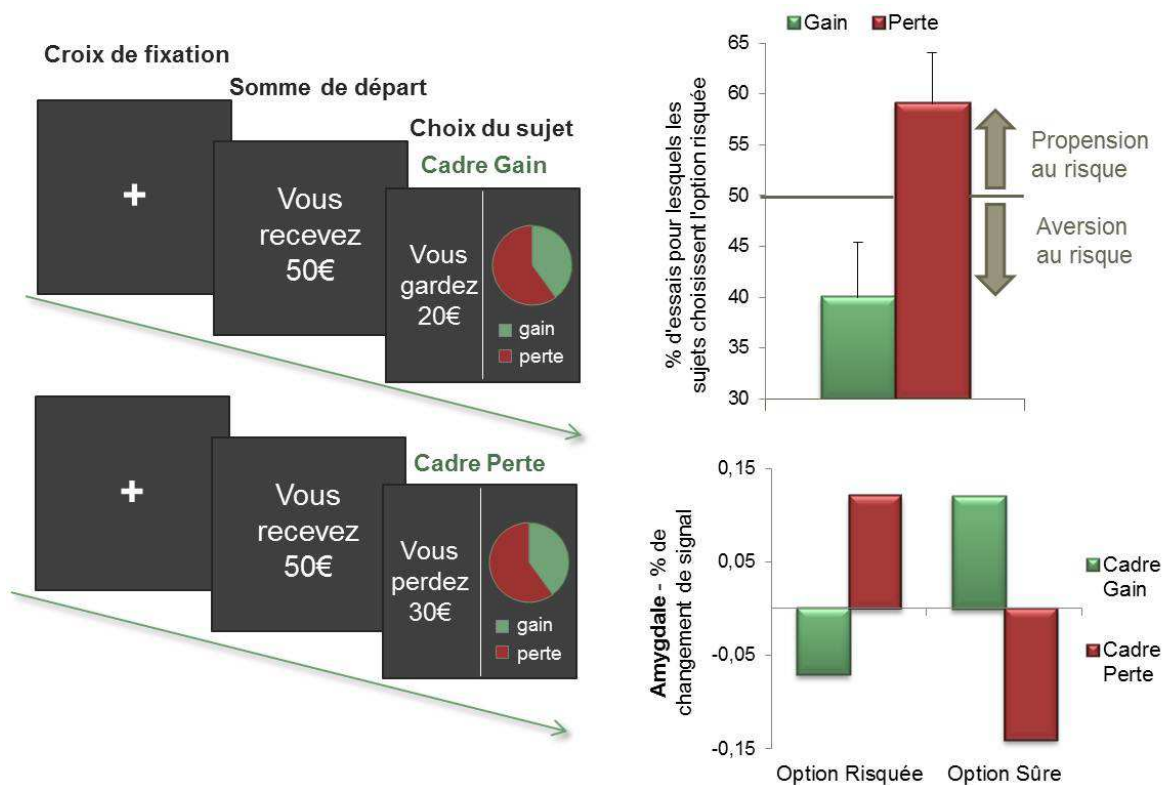


Figure 8 : De Martino, Kumaran, Seymour et Dolan (2006) mettent au point une tâche de prise de décision financière afin d'explorer les aires cérébrales impliquées dans l'effet du cadre. Les résultats comportementaux mettent en évidence une forte sensibilité au cadre de présentation. Sur le plan neuroanatomique, la tendance à succomber à ce biais décisionnel serait liée à l'activation de l'amygdale bilatérale.

D'après les résultats obtenus par de Martino et al. (2006) l'effet du cadre serait un biais d'ordre émotionnel, sous-tendu par l'amygdale. Ce biais serait contrôlé ou réduit par un système de traitement rationnel analytique, sous-tendu par le cortex cingulaire antérieur et le cortex orbitofrontal. Bien que différentes études aient mis en évidence une influence forte de l'amygdale dans la sensibilité à l'effet du cadre (De Martino, Camerer, & Adolphs, 2010; De Martino et al., 2006; Guitart-Masip, Talmi, & Dolan, 2010), une étude plus récente montre des résultats divergents en utilisant le même type de méthodologie. En effet, Talmi, Hurlmann, Patin et Dolan (2010) ont étudié la sensibilité comportementale à l'effet du cadre chez deux patients atteints d'une pathologie entraînant une dégénérescence de l'amygdale. Bien que ces patients présentent une plus grande propension à la prise de risque par rapport aux sujets contrôles, ils présentent un effet du cadre intact, avec une plus grande prise de risque en cadre de perte et une plus faible prise de risque en cadre de gain. Ces résultats seraient en accord avec l'hypothèse d'une implication plus générale de l'amygdale dans la prise de risque des individus.

Les résultats contradictoires obtenus dans les études citées ci-dessus soulignent la nécessité de mettre en place de nouvelles études afin de préciser de quelle façon les émotions

interviennent dans la sensibilité à l'effet du cadre. L'étude plus précise du contexte émotionnel sur la sensibilité à l'effet du cadre pourrait fournir des arguments expérimentaux confirmant – ou infirmant – l'hypothèse selon laquelle les émotions joueraient un rôle prépondérant dans la sensibilité à l'effet du cadre.

#### **4. Biais décisionnels et théories du double processus**

Bien que l'être humain soit capable de se conformer à l'approche normative, d'en voir la pertinence et de raisonner de façon logique, des biais décisionnels persistent, comme l'effet du cadre de présentation. Afin de rendre compte des incompétences tardives qui se manifestent encore à l'âge adulte, sans négliger le fait que l'individu se comporte de façon logique dans bien des situations, les théories du double processus ont postulé l'existence de deux types de rationalités, sous-tendus par des mécanismes cognitifs distincts (De Martino et al., 2006; De Neys, 2006; Evans, 2003; Evans, 2011; Kahneman & Frederick, 2007; Mandel & Vartanian, 2011).

D'après les théories dites « du double processus », le traitement de Type 1 est intuitif, rapide, il permet de traiter une quantité importante d'information et il est indépendant de la charge en mémoire de travail et des capacités cognitives. Ce type de raisonnement peut déclencher des émotions et des intuitions conscientes, même si les processus sous-jacents restent inaccessibles. Il est généralement vu comme le reflet d'un système autonome, car ne requérant pas d'attention contrôlée ni d'accès à la mémoire de travail (De Neys, 2006; Evans, 2011).

Le traitement de Type 2, quant à lui, résulte de processus réfléchis. Il est plus lent et de faible capacité. Il est fortement dépendant de la charge en mémoire de travail et est lié aux différences interindividuelles en termes de capacité cognitive. Il est partiellement conscient mais repose sur un système de support rapide et inconscient, tels que ceux fournissant des indices pragmatiques en fonction du contexte, ou récupérant des informations pertinentes en mémoire à long terme. Il existerait de multiples systèmes de traitement de Type 2, chaque processus requérant un accès à un système de mémoire de travail unique et central dépendant de la tâche (Evans, 2011; Evans, 2008). À part les ressources en mémoire de travail, des ressources de nature rapide, préconsciente et automatique peuvent également être mises en jeu dans le Type 2.

Le traitement de Type 1 produit une réponse qui est rapide et intuitive, qui peut être relayée par un traitement de Type 2. Les biais ou heuristiques, peuvent aussi bien être attribués au traitement de Type 1 qu'au traitement de Type 2 (Evans, 2011; Evans, 2012;

Kahneman & Frederick, 2002) : (i) les biais heuristiques fondamentaux (liés au traitement de Type 1) correspondent à une focalisation sur l'information considérée comme pertinente et (ii) les biais analytiques fondamentaux (liés au traitement de Type 2) correspondent à un maintien du modèle et de l'hypothèse choisis, sans considération suffisante des alternatives. Ainsi, les biais cognitifs peuvent être attribués au Type 1 comme au Type 2 (Evans, 2011).

En 2011, Evans propose de distinguer un processus de Type 3, qui serait responsable de l'allocation de ressources et de la résolution de conflits. Ce type 3, dit également 'de contrôle cognitif' permettrait l'allocation de ressources de Type 2 pour la résolution de problèmes ou la résolution d'un conflit entre le Type 1 et le Type 2 (Evans, 2011). Stanovich décrit également l'importance des « mécanismes inhibiteurs » dans la neutralisation des traitements de Type 1 et la mise en place de traitements de Type 2 (Stanovich, West, & Toplak, 2011). Le rôle prépondérant de l'inhibition dans la résolution des conflits entre Type 1 et Type 2 avait déjà été souligné par Houdé (Houdé, 1995, 1997, 2000).

En psychologie du développement, la question du rôle des fonctions exécutives, et en particulier de l'inhibition cognitive, dans le passage d'un type de rationalité à un autre a été posée dès les années 90 (Houdé, 1995; Houdé & Moutier, 1996). Ainsi, le rôle de l'inhibition dans le passage d'un type de raisonnement à un autre a été mis en évidence à l'aide d'un paradigme d'apprentissage métacognitif de l'inhibition d'un biais perceptif chez l'enfant comme chez l'adulte (Houdé & Moutier, 1996; Moutier, 2000; Moutier, Angeard, & Houdé, 2002), transposé par la suite en imagerie cérébrale chez l'adulte à l'aide de la tomographie par émission de positrons (TEP) (Houdé et al., 2000, 2001). Cette étude s'est déroulée en trois temps : (i) un pré-test reposant sur la tâche de réfutation de règle conditionnelle d'Evans (2003), (ii) un apprentissage métacognitif à l'inhibition sur la tâche de vérification de règle conditionnelle de Wason (1968) et (iii) un post-test reprenant la tâche d'Evans. Dans la tâche d'Evans, les participants ont pour consigne de réfuter une série de règles conditionnelles du type : « S'il n'y a pas de carré rouge à gauche, il y a un cercle jaune à droite ». Pour résoudre ce problème, correspondant à une tâche basique de logique déductive, les participants doivent conserver l'antécédent vrai (pas de carré rouge) et nier le conséquent (pas de cercle jaune), pour aboutir par exemple à la réponse suivante : cercle bleu, losange vert. Pourtant, la majorité des sujets interrogés répondent en appariant systématiquement les éléments cités dans la règle : un carré rouge et un cercle jaune. Cette erreur massive donnée par les sujets dans une grande majorité des essais correspond au « biais d'appariement » (Evans, 1998).



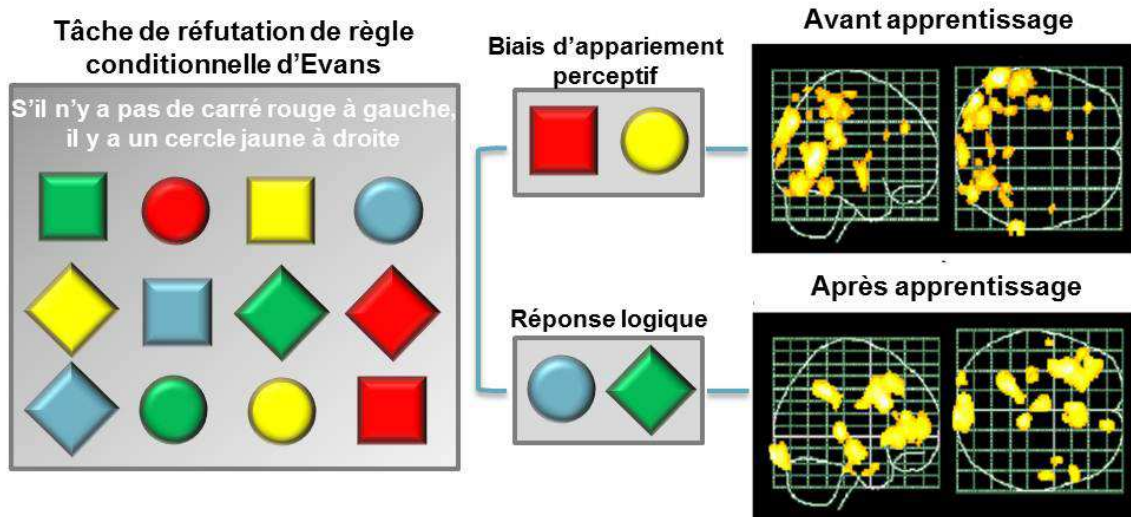


Figure 9 : Illustration de la tâche de réfutation de règle conditionnelle d'Evans (2003) et des résultats neuroanatomiques obtenus en pré-test et en post-test chez les participants, c'est-à-dire avant et après avoir été soumis à un apprentissage métacognitif de l'inhibition. On observe une reconfiguration antéro-postérieure des zones cérébrales activées entre le pré-test et le post-test (d'après Houdé et al., 2000).

Suite à ce pré-test, les participants étaient soumis à un apprentissage à l'inhibition (associé à un apprentissage logique) à partir d'une tâche suscitant le même type de biais, la tâche de vérification de règle conditionnelle de Wason (Houdé et al., 2000).

En post-test, les participants réussissent la tâche d'Evans dans 90% des essais. Cette étude illustre de façon élégante le rôle central joué par les capacités d'inhibition dans l'accès à une réponse logique. Ainsi, tout l'enjeu d'une prise de décision adaptée relèverait non pas uniquement des capacités logico-mathématiques caractéristiques du Type 2, mais de la capacité à résister, c'est-à-dire à inhiber, les traitements de Type 1, pour accéder au Type 2.

Les résultats neuronaux mettent en évidence une réorganisation antéro-postérieure des activations cérébrales, entre le pré-test et le post-test (cf. Figure 9 ci-dessus). Alors qu'en pré-test, les régions activées qui sous-tendent le biais d'appariement sont des régions postérieures impliquées dans le traitement perceptif (régions occipitales et pariétales), les régions activées en post-test correspondent à un réseau antérieur préfrontal impliqué dans la manipulation logique des informations, la détection des erreurs, le langage intérieur régulateur et le contrôle inhibiteur (Houdé et al., 2000).

Une seconde étude TEP (Houdé et al., 2001) a permis d'identifier les régions spécifiquement impliquées dans l'apprentissage à l'inhibition, par rapport à un apprentissage strictement logique. Les zones activées correspondent au cortex préfrontal ventromédian droit, au pulvinar droit et au cortex bilatéral péristrié. Le cortex préfrontal ventromédian droit correspondrait à la composante émotionnelle de la correction exécutive des erreurs. Associé au cortex cingulaire antérieur, le cortex préfrontal ventromédian permettrait aux sujets de



détecter les situations engendrant des biais potentiels de raisonnement et de corriger ces erreurs (Houdé & Tzourio-Mazoyer, 2003).

Sur le versant neuropsychologique, les travaux de Damasio (1996), menés sur des patients présentant des lésions préfrontales ont attribué un rôle essentiel au cortex préfrontal ventromédian dans la réussite à ce type de tâche. Cette région est connue pour être impliquée dans la mémorisation et la récupération des informations fournies par les marqueurs somatiques, associant des informations émotionnelles complexes à une situation donnée (Bechara, Damasio, Damasio, & Lee, 1999; Damasio, 1996).

Par la suite, l'apprentissage métacognitif a été effectué en lien avec une mesure psychophysique de la conductance cutanée dans la même tâche de logique déductive (Spiess, Etard, Mazoyer, Tzourio-Mazoyer, & Houdé, 2007). Le passage de l'erreur à la logique entre le pré-test et le post-test est associé à une augmentation de la conductance cutanée. Ce résultat est le reflet de l'influence du système émotionnel dans l'évitement d'un biais de raisonnement. L'interprétation des auteurs serait que cette récupération d'émotions complexes en post-test, sans doute initialement encodées à partir des alertes verbales délivrées lors de l'apprentissage à l'inhibition, constituerait l'une des clefs essentielles de la réussite logico-mathématique. Le rôle clé des émotions dans la programmation des apprentissages exécutifs a été confirmé récemment (Cassotti & Moutier, 2010).

L'ensemble de ces études met en évidence l'influence majeure des émotions dans la capacité à mettre en place une stratégie logique. Le cortex préfrontal ventromédian, région paralimbique impliquée dans la correction des erreurs, jouerait un rôle facilitateur dans l'évitement des mauvaises options tout en favorisant une prise de décision adaptée (Houdé & Tzourio-Mazoyer, 2003).

Enfin, les résultats neuroanatomiques obtenus par de Martino et al. (2006) sur l'effet du cadre soutiennent l'hypothèse d'une compétition entre deux types de rationalité susceptibles d'être modulés par les émotions. Selon nous, ces données conduisent à penser que nos décisions seraient dominées par une réponse intuitive et émotionnelle initiale, liée à l'activation de l'amygdale et dépendante du Type 1 (Bechara & Damasio, 2005; De Martino et al., 2006; Kahneman & Frederick, 2007). L'activation du cortex cingulaire antérieur permettrait aux sujets de détecter un conflit entre le biais d'ordre émotionnel et une réponse plus rationnelle (Houdé & Tzourio-Mazoyer, 2003; Kahneman & Frederick, 2007; Mandel & Vartanian, 2011). Le cortex orbitofrontal et le cortex ventromédian permettraient aux participants d'inhiber leur réponse initiale afin de mettre en place une stratégie analytique rationnelle (Houdé, 2007). Ces deux régions cérébrales intégreraient la valeur motivationnelle

des options en provenance de l'amygdale, afin de guider sélectivement notre comportement futur (De Martino et al., 2006). Les résultats obtenus à l'aide de l'imagerie cérébrale fonctionnelle et dans le domaine de la neuroéconomie soulignent ainsi l'implication de structures cérébrales émotionnelles dans la prise de décision comme l'amygdale ou le striatum ventral, structures impliquées notamment dans la gestion des récompenses (De Martino et al., 2010, 2006; Dreher, 2007; Houdé et al., 2000; Tom et al., 2007; Yacubian et al., 2006)

Ainsi, les émotions joueraient un rôle crucial dans l'intégration de l'ensemble des informations nécessaires à une prise de décision adaptée et logique. Il est alors nécessaire de prendre en compte le rôle des émotions et du contexte émotionnel dans les théories du raisonnement et de la prise de décision (Bechara, 2011; Blanchette & Richards, 2010; Evans, 2012; Loewenstein et al., 2001; Mellers, Schwartz, Ho, & Ritov, 1997; Mellers, Schwartz, & Ritov, 1999; Tom et al., 2007).

### **III. Rôle clé des émotions dans la prise de décision**

Selon les théories normatives de la prise de décision (cf. p. 14, Bernoulli 1738/1954; Von Neuman et Morgenstern, 1947) les choix des individus peuvent être prédits sur la base d'une évaluation de la probabilité de survenue du résultat possible et de ses alternatives. Cette action serait uniquement cognitive, logico-mathématique, laissant peu de place aux émotions dans le processus de prise de décision. Les émotions, suscitées par ces décisions ou précédant celles-ci, sont vues comme des épiphénomènes et non comme faisant partie intégrante du processus de prise de décision (Loewenstein et al., 2001).

Si la Prospect Theory (Kahneman & Tversky, 1979) et les théories du double processus (Evans, 2003; Kahneman & Frederick, 2007; Stanovich et al., 2011) ont intégré par la suite progressivement les émotions au processus de prise de décision, tout l'enjeu pour la psychologie et les neurosciences cognitives est actuellement de rendre compte au mieux de l'influence majeure du système émotionnel sur la prise de décision. Nous avons en effet pu constater que les émotions pouvaient constituer une aide dans l'accès à la logique, en récupérant l'expérience émotionnelle acquise au cours de l'apprentissage (Houdé et al., 2000 ; Spiess et al., 2007), mais pouvaient également mener les individus au biais dans le cas de l'effet du cadre (De Martino et al., 2006). Il convient alors d'examiner quels sont les effets des émotions sur le processus décisionnel, en fonction du type de tâche et du type d'émotion induit.

## 1. Les émotions guident-elles le processus décisionnel ?

Dès le début des années 1980, Zajonc décrit l'influence majeure des affects dans le traitement cognitif de l'information, la perception et le jugement. Ainsi, les réactions affectives permettraient un traitement plus rapide et plus automatique que l'évaluation cognitive. Le processus de prise de décision pourrait découler directement d'un traitement affectif, indépendant de l'évaluation cognitive (Zajonc, 1980). Bien que Zajonc postule une indépendance du système cognitif et du système affectif, il souligne leur constante interaction et leurs influences mutuelles (Loewenstein et al., 2001).

Par la suite, dans les années 1990, l'*hypothèse des marqueurs somatiques* de Damasio place les émotions au centre du processus décisionnel (Damasio, 1996; Damasio, 1994). Les émotions constitueraient « un système de support sans lequel l'édifice de la raison ne pourrait fonctionner correctement » (Damasio, 1994, p. 145). D'après Damasio, « l'absence d'émotions serait aussi défavorable à la rationalité que l'excès d'émotions » (Damasio, 1994, p. 144). Ainsi, les émotions sont vues comme un apport informatif indispensable au processus décisionnel. L'*hypothèse des marqueurs somatiques* de Damasio est née de l'observation de patients présentant des lésions du cortex préfrontal, en particulier ventromédian, région jouant un rôle essentiel dans l'inhibition d'une stratégie de Type 1 et l'accès à une stratégie de type 2 chez les sujets sains (Houdé et al., 2001). Les patients atteints de lésions du cortex préfrontal ventromédian présentent des déficits importants de la prise de décision personnelle et sociale, bien que leurs capacités cognitives soient préservées.

Les marqueurs somatiques sont des signaux émotionnels générés en anticipation des événements futurs. Ils permettraient – de façon consciente ou inconsciente – d'améliorer l'efficacité et la précision du processus décisionnel en fournissant des informations sur la désirabilité relative des options et sur l'anticipation de leurs conséquences futures (Slovic, Finucane, Peters, & MacGregor, 2002). Sans ces marqueurs, l'individu doit mettre en place une analyse lente et coûteuse des alternatives. Il est donc désavantagé dans les situations de forte ambiguïté, où il doit prendre des décisions de façon rapide en contexte d'incertitude (Bechara, 2011). Le cortex préfrontal ventromédian joue un rôle essentiel dans ce processus, dans la mesure où il associe une régulation somatique liée à l'expérience antérieure (une mémorisation) – négative ou positive – à différents types de situations complexes. Tandis que l'amygdale relie les stimuli perçus à l'état somatique adéquat, le cortex préfrontal ventromédian déterminerait la capacité à utiliser ces marqueurs somatiques afin d'adopter le comportement adéquat et de ressentir l'émotion adaptée à la situation (par exemple, s'inquiéter qu'un serpent puisse nous attaquer ; Bechara, 2011; Bechara et al., 1999).

D'après l'hypothèse des marqueurs somatiques, la récupération de telles émotions complexes peut constituer une aide à la prise de décision, ou au contraire une perturbation. Cependant, Bechara et Damasio ne précisent ni dans quelles situations ces émotions seront avantageuses ou désavantageuses, ni ne distinguent quels types d'émotions sont susceptibles d'être bénéfiques ou au contraire délétères au processus décisionnel. Nous verrons par la suite que ces paramètres sont progressivement explorés dans les études portant sur le jugement et la prise de décision.

Dans la suite des travaux de Damasio, l'hypothèse « *Risk as Feelings* » de Loewenstein, Weber, Hsee et Welch (2001) a pour objectif de mettre en valeur l'influence importante des émotions ressenties pendant le processus décisionnel, sur le choix des individus. Ils reprennent les concepts centraux mis en évidence par les études antérieures, à savoir que la cognition peut donner naissance à des réponses émotionnelles et qu'il existe des influences mutuelles entre émotions et cognition. Cependant, reprenant les travaux de Bechara et Damasio, ils ajoutent que les émotions peuvent survenir sans intervention des processus cognitifs et que l'impact des évaluations cognitives sur le comportement est lié à l'évaluation affective de la situation (Loewenstein et al., 2001). De plus, lorsque les réactions émotionnelles et l'évaluation cognitive d'une situation de prise de risque sont dissociées, ce sont les réactions émotionnelles qui jouent le rôle le plus prépondérant dans la décision des individus. Ces réactions émotionnelles peuvent guider la prise de décision pendant le processus décisionnel, mais également être utilisées ultérieurement, afin de guider les individus de façon anticipée.

Par la suite, l'étude de l'influence spécifique des émotions sur le jugement et la prise de décision a conduit à une distinction entre deux types d'influences émotionnelles, non pas basée sur la valence comme c'est classiquement le cas, mais sur le contexte dans lequel sont ressenties ces émotions (Blanchette & Richards, 2010; Lerner & Keltner, 2000). D'une part, les émotions qualifiées d'intégrales correspondent à des expériences subjectives ressenties en lien avec le choix et le jugement présent. Elles sont induites par le matériel ou la situation dans laquelle est placé – ou a été placé – le participant. Le regret et le soulagement sont des exemples d'émotions intégrales. D'autre part, les émotions dites incidentes correspondent à l'état émotionnel du participant au moment d'effectuer la tâche (anxiété, humeur positive...), mais ne sont pas forcément en rapport avec la tâche en cours (Blanchette & Richards, 2010; Lerner & Keltner, 2000).

Après avoir décrit l'influence des émotions incidentes sur la prise de décision, nous détaillerons l'influence d'émotions intégrales particulières, le regret et le soulagement.

## **2. Influence des émotions incidentes et du contexte émotionnel sur la prise de décision**

Si les émotions ont un rôle clé dans le processus décisionnel, il convient de s'interroger sur l'influence du contexte émotionnel sur nos choix. Différentes études ont cherché à manipuler les émotions incidentes - le contexte émotionnel dans lequel le participant effectue la tâche - afin d'étudier l'influence de contextes spécifiques sur le jugement et la décision. Ces études cherchent ainsi à distinguer l'influence d'émotions incidentes spécifiques sur la performance des participants. Isen (Isen & Geva, 1987; Isen & Patrick, 1983) postule que les émotions ont une influence sur la prise de décision de façon anticipée. Ses travaux mettent en évidence une interaction entre la somme en jeu et les affects positifs. En effet, Isen et Geva (1983) ont induit une émotion incidente au début de la tâche, en gratifiant les participants d'un certificat, marquant la gratitude des expérimentateurs. Dans cette condition, les participants prennent plus de risques que des participants contrôles lorsque les sommes en jeu sont faibles, et moins de risques lorsque les sommes en jeu sont élevées (Isen & Geva, 1987; Isen & Patrick, 1983).

L'état émotionnel des sujets peut également influencer les conduites d'aversion au risque des individus. Une humeur positive, induite en offrant aux participants un sac de bonbons, tend par exemple à augmenter l'aversion au risque et à diminuer la prise de risque (Isen & Geva, 1987). Ce phénomène se produirait du fait d'une meilleure récupération des expériences positives antérieures. Du fait de l'état émotionnel des sujets, les pertes seraient rendues plus saillantes, ce qui conduirait à une perception des pertes comme étant encore plus négatives. L'aversion au risque découlerait d'une motivation plus importante à éviter les pertes, perçues comme étant particulièrement négatives (Blanchette & Richards, 2010; Isen & Geva, 1987). Par ailleurs, il a été montré qu'une humeur positive pouvait influencer le jugement des participants qui ont tendance à faire des jugements plus optimistes (Wright & Bower, 1992).

Les émotions incidentes négatives impactent également la prise de décision des individus. Le jeu de l'ultimatum repose sur le partage entre deux joueurs d'une somme d'argent donnée. Le premier joueur propose une partie de cette somme au second. Si l'offre est acceptée par ce dernier, l'argent est partagé entre les joueurs en fonction de cette proposition. En revanche, si l'offre est rejetée, l'argent est perdu pour les deux participants (Harlé & Sanfey, 2007). Un gain, même faible, étant préférable à une absence de gain, le second joueur devrait accepter l'offre du premier, quel qu'en soit le montant. Pourtant, les offres considérées comme injustes (inférieures à 30% du montant initial) sont rejetées dans la

moitié des cas. Dans cette tâche de prise de décision, la tristesse incidente est induite à l'aide d'un extrait de film dramatique d'une durée de 3-5 minutes. La tristesse conduit à une plus faible acceptation des offres monétaires injustes, par rapport à une condition émotionnellement neutre (Harlé & Sanfey, 2007). Les participants soumis à un contexte émotionnel incident négatif auraient tendance à se focaliser sur les conséquences émotionnelles négatives des offres monétaires injustes, plutôt que sur l'impact positif qui serait associé à l'acceptation de ces offres. Ainsi, la présence d'un contexte émotionnel incident sans rapport avec la tâche peut influencer de façon significative la prise de décision des sujets.

Par ailleurs, différentes émotions de même valence (négatives) peuvent influencer la prise de décision dans des directions opposées. La peur et l'anxiété conduisent à des comportements d'aversion au risque (Lerner & Keltner, 2000, 2001; Maner & Gerend, 2007), alors que la colère et la tristesse tendent à augmenter la prise de risque (Lerner & Keltner, 2000, 2001; Raghunathan & Pham, 1999).

Lerner et Keltner (2000) expliquent ces différences par le type de dimension cognitive mis en jeu par chaque émotion. Six dimensions cognitives définiraient au mieux les patterns d'évaluation sous-tendant les émotions : la certitude, le caractère agréable, le recours à une activité attentionnelle, la perception de contrôle, l'effort cognitif nécessaire et la responsabilité dans la survenue d'un événement (Lerner & Keltner, 2000; Smith & Ellsworth, 1985). Chaque émotion, et son influence sur la prise de décision, peut être étudiée sur la base de ces patterns. De ce point de vue, les émotions exercent une influence distincte sur les processus cognitifs en fonction de ces différents patterns d'évaluation.

Par exemple, d'après Lerner et Keltner (2000), la colère survient lorsque trois de ces patterns sont réunis (i) la responsabilité d'autrui dans la survenue d'un événement négatif, (ii) le contrôle individuel sur le ressenti de cette émotion et (iii) la certitude que l'événement négatif s'est produit. La colère aura tendance à accroître la perception de la responsabilité d'autrui sur la survenue d'un événement.

La peur est quant à elle définie sur la base (i) de l'incertitude, la survenue des événements étant imprévisible, (ii) de l'absence de caractère agréable et (iii) de l'absence de contrôle, la survenue des événements étant liée à des facteurs situationnels. Ainsi, la peur accroît la tendance à percevoir l'influence de facteurs situationnels dans la survenue d'un événement.

Ces deux émotions entraînent une perception différente du risque : la colère aura tendance à entraîner une perception faible du risque, alors que la peur aura tendance à

entraîner une perception élevée du risque. Cette différence de perception conduira les sujets à une prise de risque accrue lorsqu'ils ressentent de la colère et au contraire à une prise de risque plus faible lorsqu'ils ressentent de la peur.

Bien que diverses études révèlent l'impact d'émotions incidentes spécifiques sur la prise de décision, il existe peu de données sur l'influence du contexte émotionnel sur un biais décisionnel tel que l'effet du cadre de présentation, qui est pourtant un biais d'ordre émotionnel spécifiquement lié à la perception des gains et des pertes en fonction du contexte (la formulation des options). En particulier, si l'effet du cadre est bien lié à la prégnance d'une réponse émotionnelle initiale susceptible d'être déterminante dans la mise en place d'un traitement de Type 1 (Kahneman & Frederick, 2007), un contexte émotionnel spécifique devrait fortement moduler la susceptibilité des sujets à ce biais.

Par ailleurs, nous pouvons également nous interroger sur l'influence des émotions, sur les choix des individus, lorsqu'elles font partie intégrante du processus décisionnel. Pour ce faire, nous allons étudier deux émotions complexes particulières, le regret et le soulagement.

### **3. Théorie(s) du regret**

#### **a. Le regret, une émotion cognitive en lien avec la Prospect Theory**

Dans les années 1980, Bell (1982) ainsi que Loomes et Sugden (1982) proposent une théorie du regret, basée sur l'anticipation des émotions. Cette théorie, contemporaine de la Prospect Theory, est formulée dans la même intention : expliquer les transgressions fréquentes des théories normatives de la prise de décision.

Le regret est une émotion dite « contrefactuelle », reposant sur une comparaison entre ce qui est advenu et ce qui aurait pu advenir si le sujet avait effectué un choix différent, à ce titre, elle est en lien avec le raisonnement contrefactuel (Byrne, 2002; Ritov, 1996; Zeelenberg & van Dijk, 2005). Le regret survient lorsque cette comparaison est défavorable au sujet, alors que le soulagement est son pendant inverse (van Dijk & Zeelenberg, 2005). De plus, ces émotions peuvent être anticipées, puis que l'on peut s'attendre à les ressentir dans le futur, en fonction des conséquences de notre décision (Loewenstein et al., 2001; Mellers et al., 1999).

D'après Bell (1982) ainsi que Loomes et Sugden (1982), nous évaluons nos choix en fonction du résultat alternatif, mais nous sommes également capables d'anticiper les conséquences émotionnelles de nos décisions afin de les prendre en compte dans nos choix futurs. Ainsi, nous anticiperions le regret qui serait ressenti si notre propre résultat était pire que le résultat alternatif possible, ou le soulagement dans le cas contraire. Le regret et le



soulagement modifieraient la fonction d'utilité, puisque les décideurs se comporteraient de façon à minimiser l'expérience du regret et à maximiser l'expérience du soulagement. Il faut également noter que le regret est fréquemment comparé à la déception, qui repose sur une comparaison entre le résultat obtenu et ce que le sujet aurait espéré obtenir, et non sur une comparaison entre deux choix réels (Mellers, 2000; Zeelenberg & van Dijk, 2005).

En 1997, Mellers, Schwartz, Ho et Ritov proposent une théorie appelée 'Decision Affect Theory', ou théorie décisionnelle des affects, selon laquelle la réponse émotionnelle des décideurs est basée sur la prise en compte de l'utilité des options, des probabilités d'occurrence de chaque option, mais également sur la base de comparaisons contrefactuelles.

Dans leurs études, Mellers et ses collaborateurs confrontent les participants à un choix entre deux options, de type « roue de la fortune » (Mellers et al., 1997, 1999). Une fois ce choix effectué, ils sont informés du résultat obtenu sur la roue choisie (ce qui correspond à un feedback partiel), puis du résultat de la roue non choisie (ce qui correspond à un feedback complet). Après chaque feedback, le participant doit compléter une échelle émotionnelle (allant de -50 à +50). Le feedback partiel permet d'étudier le ressenti émotionnel de la déception et de la satisfaction, tandis que le feedback complet, reposant sur une comparaison contrefactuelle, permet d'étudier le ressenti émotionnel du regret et du soulagement (cf. Figure 10, ci-dessous).

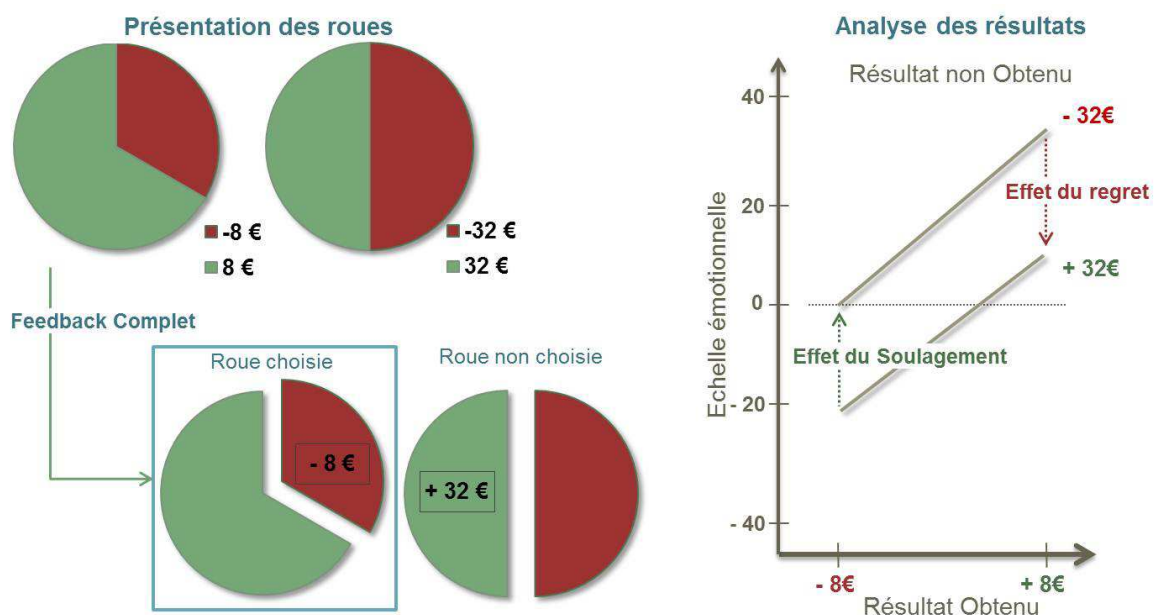


Figure 10 : Lorsque le participant a la possibilité de comparer le résultat qu'il a obtenu avec le résultat qu'il aurait pu obtenir s'il avait effectué un choix différent, sa réponse émotionnelle est fortement modulée par le résultat alternatif. Un résultat positif sera perçu comme moins plaisant si le résultat alternatif est supérieur (effet du regret), alors qu'un résultat négatif sera perçu comme moins déplaisant si le résultat alternatif est inférieur (effet du soulagement - adapté de Mellers et al., 1997, 1999).



Les recherches effectuées sur ce type de paradigme ont étudié la précision de l'anticipation du regret. Les participants avaient pour consigne d'imaginer quel serait leur ressenti émotionnel (sur une échelle allant de -50 à +50) en fonction de feedbacks complets hypothétiques. Une semaine plus tard, ils réalisaient réellement la tâche de prise de décision et leur ressenti effectif était comparé au ressenti imaginé une semaine plus tôt. L'analyse des résultats montre que les participants sont capables d'anticiper très précisément le regret ressenti, avec une corrélation égale à 0,96 entre le ressenti imaginé et le ressenti éprouvé lors de la tâche (Mellers et al., 1999).

Les résultats obtenus montrent par ailleurs que le ressenti émotionnel des participants en feedback complet est très fortement modulé par le résultat alternatif (cf. Figure 10, ci-dessus). Ainsi, un résultat positif (comme le fait d'obtenir 8€) sera perçu comme moins plaisant si le résultat alternatif est supérieur. À l'inverse, un résultat négatif (le fait de perdre 8€) sera perçu comme moins déplaisant si le résultat alternatif est inférieur. Par ailleurs, les résultats non attendus (associés à une faible probabilité initiale) impactent plus fortement la prise de décision que les résultats attendus.

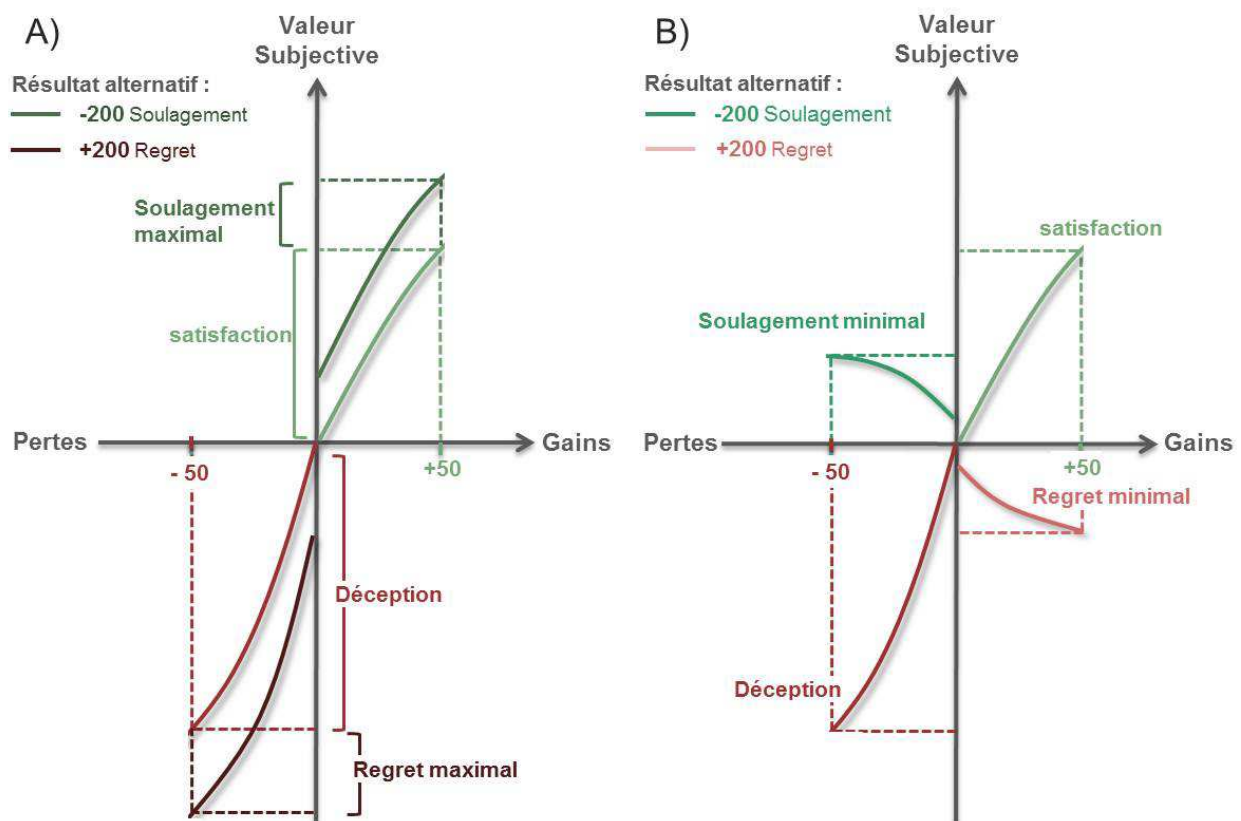


Figure 11 : Les émotions contrefactuelles résultent d'une modification de la fonction de valeurs des gains et des pertes élaborée par Kahneman et Tversky (1979). Le ressenti émotionnel des individus est fortement modulé par le résultat alternatif, le point de référence variant systématiquement en fonction des choix alternatifs qui s'offrent au participant. **A)** Ainsi, un résultat positif (+50€) sera perçu comme plus plaisant si le résultat alternatif est inférieur (-200€), aboutissant à du soulagement maximal ; un résultat négatif (-50€) sera perçu comme plus

déplaisant si le résultat alternatif est supérieur (+200€), aboutissant à du regret maximal. **B)** A l'inverse, un résultat positif (+50€) sera perçu comme plus déplaisant si le résultat alternatif est supérieur (-200€), aboutissant à une forme de regret minimal ; un résultat négatif (-50€) sera perçu comme plus plaisant si le résultat alternatif est inférieur (-200€), aboutissant à une forme de soulagement minimal.

Ainsi, le regret et le soulagement peuvent être modélisés à l'aide de la Prospect Theory puisque le point de référence varie systématiquement en fonction des choix alternatifs qui s'offrent au participant. Si le participant reçoit 10€ il en sera plus satisfait lorsque le résultat alternatif est une perte de 50€, plutôt que lorsque le résultat alternatif est un gain de 50€. Un petit gain peut également apporter une satisfaction supérieure à un gain important, en fonction du résultat alternatif, alors qu'une perte peut entraîner un plaisir similaire à un gain, si le participant a pu éviter une perte plus élevée. Chaque résultat est considéré en fonction d'une comparaison contrefactuelle. Rappelons que l'importance du résultat contrefactuel dans l'évaluation de son propre résultat a également été mise en évidence dans une étude de Breiter et al. (2001), dans laquelle les activations cérébrales observées dans le noyau accumbens et l'amygdale, au résultat 0, étaient modulées par la comparaison contrefactuelle entre le résultat obtenu et celui qui aurait pu être obtenu (cf. Figure 4, p. 25). Ainsi, le fait de pouvoir comparer le résultat obtenu par le participant au résultat non obtenu modifie le ressenti émotionnel des participants et semble modifier la fonction de valeur des gains et des pertes élaborée par Kahneman et Tversky (1979 ; cf. Figure 11, ci-dessus).

Enfin, le paradoxe d'Allais (précédemment décrit, p. 19) peut également être expliqué du point de vue de l'influence de l'anticipation du regret sur les choix. En effet, dans l'énoncé 1, les participants privilégient la situation A de gain certain, à la situation B, n'offrant pas de gain certain mais une valeur espérée plus élevée.

*Enoncé 1 : Préférez-vous la situation A ou la situation B ?*

- Situation A : Recevoir 100 millions de façon certaine.
- Situation B : 10% de chance de gagner 500 millions  
89% de chances de gagner 100 millions  
Et 1% de chance de ne rien gagner.

*Enoncé 2 : Préférez-vous la situation C ou la situation D ?*

- Situation C : 11% de chance de gagner 100 millions  
Et 89% de chances de ne rien gagner.
- Situation D : 10% de chance de gagner 500 millions  
Et 90% de chances de ne rien gagner.

Afin de mieux rendre compte du choix des participants (situation A), il est nécessaire d'introduire une variable supplémentaire : l'anticipation du regret. Les participants anticipent le regret qu'ils ressentiraient s'ils choisissaient la situation B et se retrouveraient par hasard

dans la situation de ne rien gagner (correspondant à une chance de 1%). L'anticipation du regret est si forte qu'elle pousse les participants à privilégier la situation A de gain certain à la situation B (Bourgeois-Gironde, 2010). En revanche, dans l'énoncé 2 ce pourcentage de chance supplémentaire de ne rien gagner est inclus dans les 90% de chance de ne rien gagner. L'anticipation du regret est alors moins importante, ce qui conduit les participants à privilégier l'option D, présentant la valeur espérée la plus élevée. Ainsi, l'inconsistance observée dans le choix des participants peut être expliquée grâce à l'introduction d'une émotion intégrale – le regret – qui influence les choix de façon anticipée.

Par la suite, la théorisation du regret s'est faite de façon plus précise à partir, entre autres, d'un cas particulier de loterie mettant fortement en jeu cette émotion.

### **b. La Théorie de régulation du regret**

Au Pays-Bas, il existe une loterie particulière, la *Dutch Postcode Lottery*, qui repose sur une procédure très spécifique : le numéro gagnant est tiré au sort à partir d'un choix aléatoire de code postaux. Les codes postaux néerlandais sont composés d'une combinaison de lettres et de chiffres (exemple : 2744 OP) et chaque combinaison correspond à un quartier particulier (1 à 3 rues, avec un maximum de 25 adresses). Le prix hebdomadaire de la loterie correspond à un gain de 12 500€ pour tous les habitants dont le code postal a été choisi, à condition qu'ils aient acheté un ticket de loterie. Cette loterie est très particulière car si votre code postal est choisi alors que vous n'avez pas joué, vous l'apprendrez forcément par vos voisins qui auront quant à eux gagné.

Zeelenberg et Pieters (2004) ont demandé à un groupe de participants d'indiquer quelle émotion ils ressentiraient si leur code postal était tiré alors qu'ils n'avaient pas joué. Le regret est cité par une large majorité de participants (61%). Dans cette situation, deux paramètres essentiels au ressenti du regret entrent en jeu : le résultat dépend entièrement du choix d'un individu de participer à la *Dutch Postcode Lottery* et dépend d'une comparaison contrefactuelle, fortement renforcée par la comparaison sociale. Si le regret est l'émotion la plus citée, cela est dû au fait que le participant aura forcément connaissance du fait que son code postal a été ou non choisi. Enfin, l'anticipation du regret joue un rôle crucial dans la décision des néerlandais de jouer à cette loterie (Zeelenberg & Pieters, 2004). Cette loterie permet ainsi d'étudier le sentiment de regret dans une situation de la vie quotidienne. A travers l'exemple de la *Dutch Postcode Lottery*, on observe que le regret repose directement sur la décision qui a été prise par un individu, elle est en conséquence fortement associée à un

sentiment de responsabilité (Mellers et al., 1999; Weisberg & Beck, 2012; Zeelenberg & Pieters, 2007).

Par ailleurs, il faut noter que le regret est une émotion très spécifique, car peu liée à d'autres émotions négatives comme la colère, la déception, l'envie, la culpabilité, la tristesse ou la honte (Zeelenberg & Pieters, 2004). Les travaux de Schwartz et al. (2002) sont les premiers à avoir mis en évidence la spécificité du regret par rapport à d'autres émotions. Ils ont tout d'abord observé une grande variabilité dans la tendance des individus à ressentir du regret, à l'aide d'échelles en 7 points, sur la base de questions du type : « Si je fais un choix qui s'avère désavantageux, je ressens toujours un sentiment d'échec lorsque je découvre qu'un autre choix aurait eu de meilleures conséquences ». Ces échelles ont corrélées à des échelles évaluant les différences individuelles dans la tendance à ressentir d'autres émotions négatives, en particulier la culpabilité, la honte (deux émotions qui sont également qualifiées de contrefactuelles) ou la fierté (Zeelenberg & Pieters, 2007). Bien que la tendance à ressentir du regret soit liée à la tendance à ressentir des affects négatifs en général, le regret partage très peu de variance avec la culpabilité, la honte ou la fierté. En revanche, les liens entre le regret et l'envie sont controversés, certaines études révélant que le regret et l'envie ont des effets similaires sur la prise de décision (Hoelzl & Loewenstein, 2005). Enfin, la tendance à ressentir du regret est fortement associée à des comportements visant à maximiser les résultats obtenus (Schwartz et al., 2002; Zeelenberg & Pieters, 2007)

Le regret a, en outre, une influence sur la prise de risque des individus. Différentes études se sont intéressées aux liens entre l'aversion au regret et la prise de risque (Zeelenberg & Beattie, 1997; Zeelenberg, Beattie, van der Plight, & de Vries, 1996; Zeelenberg & Pieters, 2004). Zeelenberg et al. (1996) ont confronté les participants à un choix entre une roue risquée (dans laquelle la probabilité de gain est de 35%) et une roue avantageuse (dans laquelle la probabilité de gain est de 65%). Le type de feedback donné aux participants varie en fonction des conditions. Dans une première condition, les participants reçoivent systématiquement un feedback sur l'option risquée, mais ils reçoivent un feedback sur l'option avantageuse uniquement lorsqu'ils la choisissent. Notons que dans ce premier cas, choisir l'option risquée conduit à une absence de feedback contrefactuel, puisque les participants obtiendront uniquement un feedback sur l'option risquée choisie. Dans ce cas, les participants choisissent plus souvent l'option risquée. Dans une autre condition, les participants reçoivent systématiquement un feedback sur l'option avantageuse mais ils reçoivent un feedback sur l'option risquée uniquement s'ils la choisissent. Dans ce second cas, le choix de l'option avantageuse conduit à une absence de feedback contrefactuel. Dans

ce cas, les participants choisissent plus souvent l'option sûre. Ainsi, ces études montrent que les participants ont tendance à préférer les choix pour lesquels ils ne recevront pas de feedback contrefactuel, ce qui illustre l'impact significatif et aversif de l'anticipation du regret sur les comportements d'aversion au risque (Zeelenberg & Beattie, 1997).

Parallèlement à la « Decision Affect Theory », Zeelenberg et Pieters (2007) développent une théorie nommée « Théorie de régulation du regret ». Cette théorie repose sur les notions suivantes : puisque les individus sont fortement aversifs au regret, ils effectueront leurs choix de façon à éviter le regret ou adapteront leur comportement de façon à en ressentir le moins possible dans les choix ultérieurs (Pieters & Zeelenberg, 2007; Zeelenberg & Pieters, 2007). Le regret est une émotion prototypique de la prise de décision, car elle implique des tentatives systématiques de maximiser l'utilité au cours du temps (Zeelenberg & Pieters, 2007). La Théorie de régulation du regret a pour objectif de décrire précisément les conditions dans lesquelles un individu adulte ressentira du regret, ainsi que son influence sur la prise de décision. Nous résumerons dans le paragraphe suivant les principaux apports de cette théorie par rapport à la « Decision Affect Theory ». A travers l'exemple de la *Dutch Postcode Lottery*, on observe que le regret repose sur la décision prise par un individu, elle est en conséquence associée à un fort sentiment de responsabilité (Mellers et al., 1999; Weisberg & Beck, 2012; Zeelenberg & Pieters, 2007). La décision (de jouer à la loterie) des participants est effectuée afin de réduire au maximum le regret potentiel, qui est une émotion spécifique, très peu liée à d'autres émotions négatives comme la colère, la déception, la culpabilité, la tristesse ou la honte. Il a par ailleurs été mis en évidence que les différences individuelles dans la capacité à ressentir du regret sont liées de façon significative à la tendance à maximiser et à comparer ses propres résultats (Schwartz et al., 2002; Zeelenberg & Pieters, 2007). Le regret est une émotion qui peut être ressentie à propos de décisions passées (rétrospectif) ou futures (anticipé ; Gilovich, Medvec, & Kahneman, 1998; Zeelenberg & Pieters, 2004, 2007). Enfin, l'anticipation du regret peut promouvoir à la fois des comportements de prise de risque ou d'aversion au risque (Zeelenberg & Beattie, 1997; Zeelenberg, Beattie, van der Pligt, & de Vries, 1996; Zeelenberg & Pieters, 2004).

### **c. Bases cérébrales du regret**

En 2004, Camille et al. (2004) adaptent le paradigme utilisé par Mellers et al. (1997, 1999) à une population de sujets sains et de patients présentant une lésion du cortex orbitofrontal afin de déterminer l'influence de cette zone cérébrale dans la capacité à éprouver du regret (cf. Figure 12, ci-dessous). Le cortex orbitofrontal est en effet connu pour être

impliqué dans l'évaluation subjective et dans la prédiction des récompenses potentielles (Breiter, et al., 2001; Chein, Albert, O'Brien, Uckert, & Steinberg, 2011; Tremblay & Schultz, 1999). Dans l'étude de Camille et al. (2004), les participants doivent choisir entre deux roues de la fortune. Dans la condition de feedback partiel, les participants découvrent uniquement le résultat obtenu sur la roue choisie. Cette condition a pour objectif d'étudier la déception (dans le cas d'une perte) ou la satisfaction (dans le cas d'un gain). Dans la condition de feedback complet, les participants découvrent à la fois le résultat obtenu sur la roue choisie (le résultat obtenu) et le résultat qu'ils auraient obtenu s'ils avaient choisi l'autre roue (le résultat non obtenu). Cette condition a été conçue pour étudier le regret (dans le cas où le résultat obtenu est inférieur au résultat non obtenu) ou le soulagement (dans le cas contraire).

Les résultats obtenus dans la condition de feedback partiel mettent en évidence une modulation du ressenti émotionnel par le résultat obtenu, chez les participants sains. Ces derniers sont satisfaits dans le cas d'un gain et déçus dans le cas d'une perte. Ce résultat est modulé par le résultat alternatif de la roue choisie, lorsque le participant a évité une perte (par exemple de -50€), il est d'autant plus satisfait d'avoir gagné (par exemple +200€).

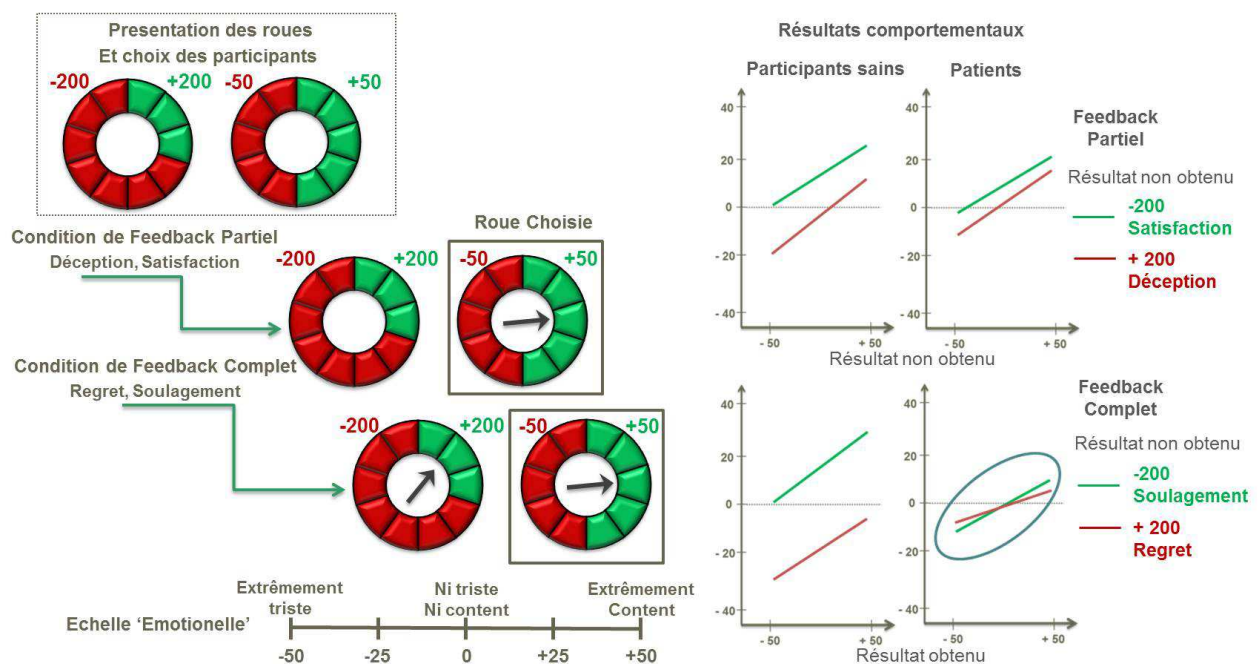


Figure 12 : les participants (sujets sains et patients présentant une lésion du cortex orbitofrontal) sont confrontés à un choix entre deux roues de la fortune. Dans la condition de feedback partiel, le participant découvre uniquement le résultat obtenu sur la roue choisie (étude de la déception ou de la satisfaction). Dans la condition de feedback complet, le participant découvre à la fois le résultat obtenu et le résultat non obtenu (étude du regret ou du soulagement). Les résultats comportementaux mettent en évidence une modulation du ressenti émotionnel en fonction du résultat contrefactuel, uniquement chez les participants sains (adapté de Camille et al., 2004).

Les résultats obtenus dans la condition de feedback complet chez les participants sains mettent en évidence une modulation plus importante du ressenti émotionnel par le résultat



obtenu. L'effet de la comparaison contrefactuelle avec le résultat non obtenu est plus important dans la condition de feedback complet que dans la condition de feedback partiel. De plus, les participants sains présentent une conductance cutanée plus élevée dans la condition de feedback complet par rapport à la condition de feedback partiel, ce qui souligne la distinction entre déception et regret ou entre satisfaction et soulagement. Enfin, dans la condition de feedback complet, les participants sains effectuent des choix tendant à minimiser le regret qui pourrait être ressenti, ce qui souligne à nouveau l'impact de l'anticipation du regret sur la réalisation des choix (Camille et al., 2004). Ces résultats confirment l'importance de la modulation des émotions par le résultat alternatif. Ainsi, une perte sera évaluée comme étant plus négative si l'individu apprend avoir manqué un gain. À l'inverse, un gain sera évalué comme étant plus positif s'il est mis en balance avec une perte alternative (cf. Figure 11, p. 47).

Les patients présentant une lésion du cortex orbitofrontal présentent un pattern de résultats différents de ceux des participants sains. Dans la condition de feedback complet, ni leur ressenti émotionnel ni leur conductance cutanée ne sont modulés par la comparaison contrefactuelle avec le résultat non obtenu. De plus, leurs choix se portent plus souvent vers des roues désavantageuses, ce qui conduit à un gain net négatif à la fin de la tâche. Enfin, les patients ne présentent pas de réaction émotionnelle spécifique en fonction du résultat obtenu (ni sur le plan comportemental, ni sur le plan physiologique). Les résultats de cette étude mettent en évidence l'importance de l'implication du cortex orbitofrontal dans la capacité à ressentir du regret (Camille et al., 2004).

Par la suite, Coricelli et al. (2005) ont transposé ce paradigme dans une étude de neuroimagerie. Cette fois, les auteurs ont fait varier le niveau de responsabilité des participants en élaborant une condition supplémentaire dans laquelle les participants n'avaient pas la possibilité de choisir entre les deux roues et étaient uniquement informés du choix qui serait aléatoirement effectué par l'ordinateur (condition 'non choix'). En condition 'choix' par rapport à la condition 'non choix', l'activation physiologique mesurée par le rythme cardiaque est plus importante. De plus la modulation de l'activité du striatum ventral antérieur, connu pour être impliqué dans le système de gestion des récompenses (McClure, York, & Montague, 2004; Van Leijenhorst, Westenberg, & Crone, 2008), est également plus importante. La présence de cette condition confirme l'importance de la responsabilité de l'individu dans le ressenti du regret sur le plan physiologique (Coricelli et al., 2005).

Les résultats neuroanatomiques obtenus sur la condition 'choix', mettent en évidence une augmentation de l'activation du cortex orbitofrontal, du cortex cingulaire antérieur et de

l'hippocampe antérieure lorsque les participants ressentent du regret (cf. Figure 13, ci-dessous).

L'activation de l'hippocampe correspondrait à la mobilisation de la mémoire déclarative, permettant d'apprendre de ses erreurs (Coricelli et al., 2005; Coricelli, Dolan, & Sirigu, 2007) et le cortex cingulaire antérieur est connu pour être impliqué dans la détection de conflits (De Neys, Vartanian, & Goel, 2008; Houdé & Tzourio-Mazoyer, 2003). Cette étude confirme par ailleurs le rôle crucial du cortex orbitofrontal dans la capacité à ressentir du regret. Cette région est liée au niveau de responsabilité du participant et est impliquée dans la comparaison entre le résultat obtenu et le résultat alternatif. La comparaison contractuelle conduirait le cortex orbitofrontal à exercer une modulation top-down des émotions. Cette région cérébrale intégrerait les composantes cognitives et émotionnelles du processus complet de prise de décision (Coricelli et al., 2005 ; Coricelli, et al., 2007).

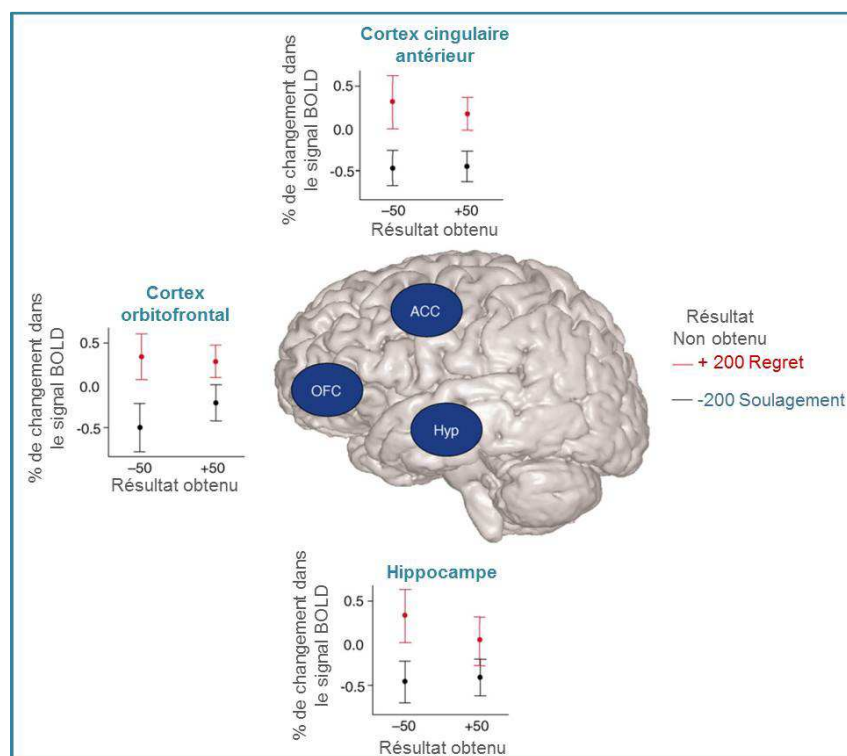


Figure 13 : Les bases cérébrales du regret : le ressenti du regret serait lié à l'activation du cortex orbitofrontal, du cortex cingulaire antérieur et de l'hippocampe (d'après Coricelli et al., 2007).

Sachant que les émotions contrefactuelles sont étroitement liées au choix effectué par le participant, il est nécessaire de prendre en compte le degré en fonction duquel les participants souhaiteraient modifier leur choix lorsqu'ils éprouvent du regret. Pour ce faire, une échelle de choix a été introduite dans une autre étude de neuroimagerie fonctionnelle (Chua, Gonzalez, Taylor, Welsh, & Liberzon, 2009). Cette étude met en évidence la



complémentarité de l'échelle émotionnelle et de l'échelle de choix. Sur le plan comportemental, les participants qui éprouvent du regret souhaiteraient modifier leur choix, inhibant ainsi leur choix initial, alors que les participants qui éprouvent du soulagement souhaiteraient maintenir leur choix, reflétant un ajustement comportemental lié au ressenti d'émotions contrefactuelles. Sur le plan neurofonctionnel, le désir de reconsidérer un choix initial est fortement corrélé à l'activation du cortex préfrontal dorsomédian, du cortex cingulaire antérieur et du cortex préfrontal ventromédian. Ces régions sont respectivement impliquées dans des activités de pensée autocentrée (Chua et al., 2009), dans la détection de conflits (De Neys et al., 2008; Houdé & Tzourio-Mazoyer, 2003) et dans la correction exécutive d'erreurs (Houdé et al., 2001).

Cette échelle de choix constitue une variable complémentaire aux échelles émotionnelles et illustre de façon intéressante l'ajustement comportemental des individus au ressenti émotionnel du regret.

#### **d. Influence du contexte socio-émotionnel sur le ressenti du regret**

Comme nous l'avons vu, le regret est une émotion complexe basée sur un processus de comparaison entre le résultat obtenu et le résultat qui aurait pu être obtenu. La comparaison joue un rôle informatif puisqu'elle permet au sujet de déterminer le point de référence en fonction duquel il analysera son propre résultat. Cette comparaison peut également être motivée par un contexte socio-émotionnel, dans lequel l'individu peut observer le résultat d'un autre individu, placé dans la même situation. Bault, Coricelli et Rustichini (2008) ont manipulé le contexte socio-émotionnel afin de déterminer l'influence d'un contexte social sur le ressenti du regret et du soulagement. Dans une condition impliquant deux joueurs, les participants pouvaient directement comparer leur résultat à celui d'autrui. Dans cette condition, l'analyse des résultats a été effectuée en dissociant (i) les situations dans lesquelles les deux joueurs recevaient le même résultat, (ii) des situations dans lesquelles les deux joueurs recevaient un résultat différent (correspondant à une mise en compétition). Dans ce dernier type de situations, la mise en place du contexte socio-émotionnel entraîne une augmentation de la conductance cutanée et de l'amplitude du ressenti émotionnel (tel que reporté sur l'échelle émotionnelle) par rapport à la condition de jeu individuel. L'observation des résultats d'autrui influence le ressenti du regret et du soulagement en renforçant leur amplitude. Enfin, alors que les pertes individuelles ont un impact plus fort que les gains individuels sur le ressenti émotionnel et la prise de décision des participants, les gains sociaux ont un impact plus fort que les pertes sociales. Le contexte social modifierait la fonction de

valeur de la Prospect Theory, le comportement des participants serait motivé par le gain plutôt que par l'évitement des pertes (Bault, Coricelli, & Rustichini, 2008).

Ce paradigme a été adapté en imagerie cérébrale fonctionnelle afin de déterminer les bases cérébrales impliquées dans les émotions contrefactuelles en contexte socio-émotionnel (Bault, Joffily, Rustichini, & Coricelli, 2011). Les résultats neurofonctionnels mettent en évidence une implication du striatum ventral lorsque les participants obtiennent des résultats différents de l'autre joueur. Cette région est connue pour son rôle central dans la sensibilité, la gestion et l'anticipation des récompenses (McClure et al., 2004; Van Leijenhorst et al., 2008). Par ailleurs, le cortex préfrontal ventromédian est plus activé en contexte de jeu social qu'en contexte de jeu individuel. Enfin, l'activation du striatum ventral durant l'obtention de gains est significativement corrélée à l'activation du cortex préfrontal médian durant les choix, illustrant les relations étroites entre le ressenti émotionnel et l'anticipation des récompenses en contexte socio-émotionnel (Bault et al., 2011).

#### **IV. En conclusion**

Durant de nombreuses années, l'être humain a été considéré comme étant un être très rationnel, normalement capable en toute circonstance de raisonner de façon logique. C'est ce que suggérait également la théorie du développement de l'intelligence de Jean Piaget, concernant l'adolescent et l'adulte ayant atteint le stade de la logique formelle (Houdé, 2011).

Cependant, de nombreuses études remettent en question les théories normatives de la prise de décision et soulignent les biais qui caractérisent la prise de décision chez l'adulte. Tandis que la Prospect Theory (Kahneman & Tversky, 1979) se centrait sur l'explication de ces biais et des mécanismes qui les sous-tendent, les théories dites du double processus (Evans, 2003; Kahneman & Frederick, 2007; Stanovich et al., 2011) soutenaient l'hypothèse selon laquelle il existerait deux (ou trois) types de rationalités, associées à des mécanismes cognitifs distincts. Ces champs de recherche ont modélisé la prise de décision essentiellement du point de vue strictement cognitif, laissant peu de place aux émotions. Plus récemment, différentes études de psychologie et de neuroéconomie – comportementales et neurofonctionnelles – ont mis en évidence l'influence majeure des émotions et du contexte socio-émotionnel sur la prise de décision chez l'adulte (Blanchette & Richards, 2010; Breiter et al., 2001; Coricelli et al., 2007; De Martino et al., 2006; Houdé et al., 2001; Lerner & Keltner, 2001; Loewenstein et al., 2001).

Etant donné l'influence majeure des émotions dans la prise de décision à l'âge adulte (Blanchette & Richards, 2010 ; Loewenstein et al., 2001), il est également essentiel de s'intéresser au développement du ressenti des émotions incidentes et intégrales et à leur influence sur la prise de décision au cours de l'enfance et de l'adolescence. Tout l'enjeu est notamment de mieux rendre compte de la modulation de la sensibilité à un biais décisionnel d'ordre émotionnel – l'effet du cadre – de l'enfance à l'âge adulte ; mais également de s'intéresser au développement de la capacité à ressentir des émotions contrefactuelles – regret et soulagement – en relation avec les capacités de prise de décision à risque.

## **Partie 2. Prise de décision à risque chez l'enfant et l'adolescent**

Comme nous l'avons vu dans la première partie de l'introduction, la prise de décision des adultes n'est pas uniquement influencée par la valeur des gains et pertes possibles et par les probabilités associées à chaque option (leur valeur espérée et subjective), mais également par leur désirabilité et par le contexte socio-émotionnel dans lequel le choix s'effectue.

Dans la seconde partie de cette thèse, nous verrons comment la psychologie du développement, de Jean Piaget aux neurosciences développementales, peut nous éclairer sur la genèse de la prise de décision à risque et son développement au cours de l'enfance et de l'adolescence.

Dans un premier temps, nous nous intéresserons à la naissance des notions de probabilité et de valeur espérée chez l'enfant, puis nous nous intéresserons à leur pondération par des valeurs subjectives, en lien avec la Prospect Theory, avant de nous interroger sur l'application des théories du double processus en développement et sur la question des biais de raisonnement chez l'enfant et l'adolescent. Enfin, nous examinerons l'influence du contexte socio-émotionnel sur la prise de risque à l'adolescence, avant de nous pencher sur l'étude du développement des émotions contrefactuelles.

### **I. Développement des notions de probabilité, de valeur espérée et d'utilité subjective chez l'enfant**

Sachant que les théories normatives de la prise de décision sont basées sur la prise en compte de l'utilité espérée par les individus, la première question qui se pose est de déterminer si les enfants sont capables de prendre en compte à la fois la valeur des résultats possibles et les probabilités de gain lorsqu'ils effectuent leur choix.

#### **1. Genèse de la notion de hasard chez l'enfant, d'après la théorie piagétienne**

Jean Piaget est principalement connu pour avoir développé une théorie du développement de l'intelligence (Piaget & Inhelder, 1996), postulant que l'intelligence de l'enfant se construit linéairement par stades successifs, du stade sensori-moteur (de 0 à 2 ans) au stade des opérations formelles (à partir de 11-12 ans).

Mais Piaget (1974) s'est également intéressé à la genèse de la notion de hasard chez l'enfant. D'après lui, le hasard correspond à un « mélange croissant et irréversible ». Il se distingue du miracle car ce mélange est régi par des lois qui sont considérées comme acquises par l'adulte. L'étude de la notion de hasard en développement permet à Piaget d'examiner l'âge à partir duquel les enfants sont capables de comprendre et d'évaluer progressivement les probabilités.

Pour étudier la genèse de l'idée de hasard chez l'enfant, Piaget réalise des entretiens auprès d'enfants d'âge scolaire. Il étudie tout d'abord la naissance des notions de mélange et d'irréversibilité, qui caractérisent le hasard et le distinguent du miracle, avant de s'intéresser à l'étude du dosage et de la représentation des probabilités (Piaget & Inhelder, 1974).

#### a. Etude des notions de mélange et d'irréversibilité dans le hasard

Ainsi, afin de mieux rendre compte du développement de la compréhension des notions de mélange et d'irréversibilité, Piaget a examiné les prévisions des enfants quant au déplacement de billes de différentes couleurs sur un plan incliné. Les billes rouges sont placées d'un côté du plan, tandis que les billes blanches sont placées de l'autre côté. Les enfants doivent décrire les déplacements potentiels des billes de couleur (cf. Figure 14, ci-dessous). La question est alors de déterminer si l'enfant imagine des liens ou des causalités cachées dans les déplacements des objets et à partir de quel âge il est capable de comprendre que le mélange est « croissant et irréversible » (Piaget & Inhelder, 1974, p. 13).

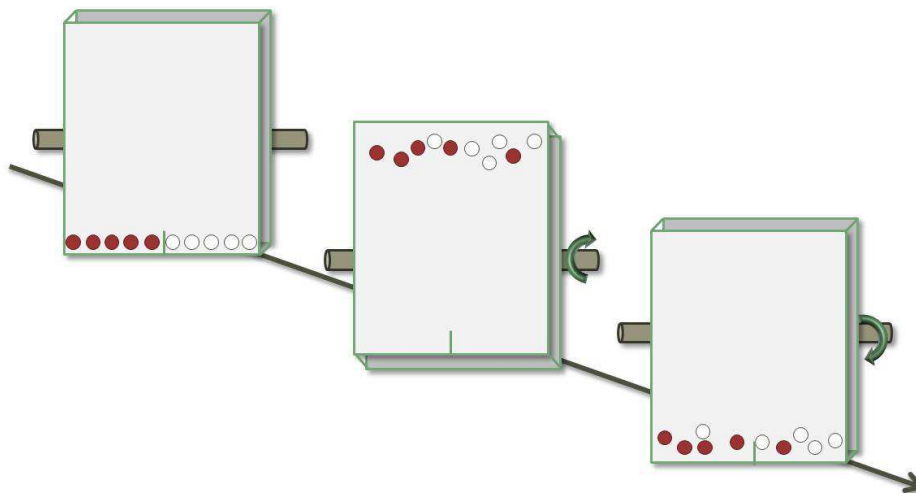


Figure 14 : Etude de la genèse des notions de mélange et d'irréversibilité chez l'enfant. Dans cette étude, les enfants doivent essayer de prédire les déplacements et les mélanges éventuels de billes de couleur placées sur un plan incliné (d'après Piaget, 1974).

L'analyse des descriptions verbales et des dessins des enfants montre que les plus jeunes enfants (âgés de 4 à 7 ans) ne sont pas capables de prévoir le mélange croissant des

billes. Si certains enfants prévoient un mélange au moment de la bascule, ils s'attendent également à « un démélange », une réversibilité dans le déplacement des billes.

L'un des enfants, âgé de 7;2 ans explique : « elles vont se mélanger. Il ne restera qu'une rouge ici et qu'une blanche là – *Et au coup suivant ?* – Les rouges reviendront ici et les blanches ici (à leur place initiale). »

Certains enfants ont tendance à expliquer le mélange à travers des descriptions animistes, les billes étant maîtresses de leur trajectoire.

Un enfant âgé de 5;8 ans, explique en effet « qu'elles savent où elles roulent puisqu'elles roulent toutes seules ».

Ce n'est qu'à partir de l'âge de 11 ans que les enfants sont capables de prédire le mélange croissant des billes.

A 11;1 ans, un enfant décrit ces mélanges de la façon suivante : « elles se mélangeront un peu – *Et si je recommence ?* – ça va se mélanger davantage. – *Si je continue ?* – Toujours plus. Si vous avez beaucoup de patience, ça pourrait se remettre. »

Ainsi, la loi des grands nombres semble acquise à partir de 11 ans, les enfants ont compris que le nombre de mélanges ira croissant avec le nombre de bascules. Le retour à l'état initial reste possible, mais les enfants de cet âge savent qu'il est très peu probable (1 chance sur 184 756). Enfin, l'analyse des dessins des enfants montre qu'ils comprennent la possibilité de l'interférence des trajectoires des différentes billes, qui peuvent se percuter au cours de leurs déplacements, ce qui complexifiera les trajectoires.

### **b. Etude du dosage et de la représentation des probabilités**

Par la suite, Piaget a étudié le dosage des probabilités à l'aide d'un jeu de pile ou face. Dans un premier temps, l'expérimentateur présente à l'enfant des pièces qui sont pourvues d'une croix d'un côté et d'un cercle de l'autre. Puis, l'expérimentateur lance les jetons devant l'enfant, comme pour un jeu de pile ou face. Les jetons qui sont utilisés pour le lancer sont truqués, ils portent le même dessin (une croix) des deux côtés. Ce truquage expérimental permet « de produire le miracle à volonté » (Piaget & Inhelder, 1974, p. 96), lorsque l'expérimentateur lance les jetons, ils tombent en effet systématiquement sur la croix (cf. Figure 15, ci-dessous).

A l'âge de 4-6 ans, les enfants trouvent naturel ce qui se produit. Ils ne sont pas étonnés par le truquage et se basent même sur cette expérience pour les essais suivants.

Voici l'extrait d'un entretien réalisé avec un enfant âgé de 6;11 ans :  
« *Essayons avec le sac* – Tous des croix – *Pourquoi ?* – Sais pas. – *Et si je continue ?* – Peut-être un rond et les autres sur la croix. – *Pourquoi ?* – Parce

qu'il y en a déjà tellement de croix – (*Expérience*) – De nouveau rien que des croix – *Il y a un truc ?* – Oh ! Ben non. – *Je te dis qu'il y en a un.* – Y en a point ».

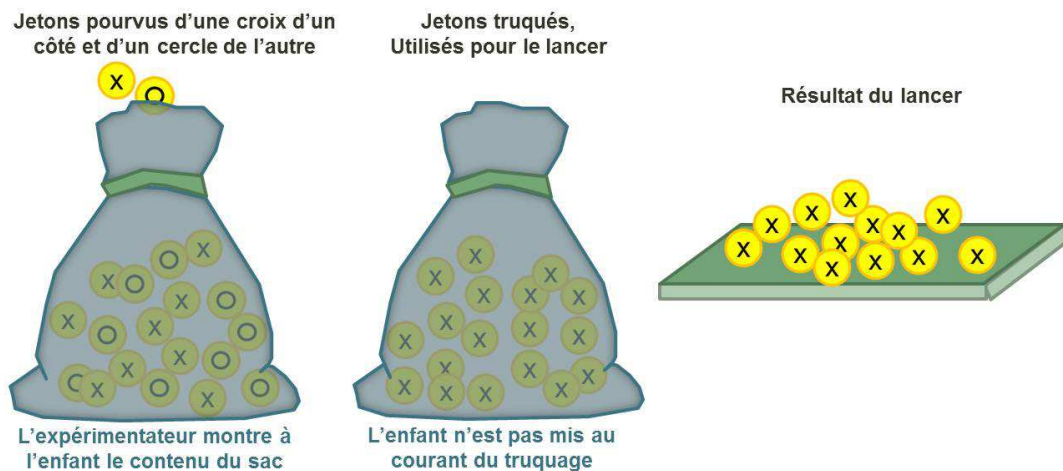


Figure 15 : Etude du dosage des probabilités à l'aide d'un truquage expérimental. Tandis que les enfants sont informés que le sac contient des jetons pourvus d'une croix d'un côté et d'un cercle de l'autre, les jetons utilisés pour le lancer sont truqués et sont pourvus d'une croix des deux côtés, d'après Piaget et Inhelder, 1974.

D'après Piaget (1974), à cet âge « l'enfant venant d'être mystifié peut ensuite admettre n'importe quoi » (Piaget & Inhelder, 1974, p. 101). Ce n'est qu'au stade du développement de la pensée formelle, à l'âge de 11-13 ans, que les enfants ont clairement assimilé les règles qui régissent les probabilités. Ils considèrent d'emblée le résultat truqué comme contraire aux probabilités. Les enfants savent qu'un tel résultat est possible mais peu probable et qu'il sera d'autant moins probable que le nombre de pièces lancées en même temps est grand. Ils font « preuve de jugements gradués qui dénotent l'existence d'une quantification implicite » (Piaget & Inhelder, 1974, p. 106).

Ainsi l'un des enfants, âgé de 11;9 ans, est particulièrement étonné lorsqu'il constate que toutes les pièces sont tombées sur la même face : « Toutes les croix ! Vous devez avoir un truc : il y a quelque chose dedans (il en retourne un). Voilà ! – *Mais elles ont toutes une croix derrière ?* – Sûrement – *Ce serait possible avec des vraies ?* – Oui, si on le fait beaucoup de fois. ».

L'enfant développe progressivement, à travers l'expérience, sa compréhension du hasard et des probabilités. Ce n'est qu'au stade des opérations formelles, aux alentours de 11-12 ans, que l'enfant aura acquis une véritable intuition des probabilités. S'agissant de la réversibilité intuitive constatée dans le domaine du hasard, Piaget souligne le décalage entre cette réversibilité et la réversibilité opératoire. D'après Piaget, il ne s'agirait pas d'une « réversibilité » vraie, mais de l'idée que chaque chose doit revenir se ranger à sa place. L'enfant doit comprendre la réversibilité opératoire pour comprendre qu'il existe des



exceptions à cette réversibilité : « la genèse de la notion de hasard doit attendre le niveau d'achèvement des opérations réversibles, puisque le hasard constitue ce qui, dans le réel, demeure irréductible aux opérations réversibles » (Piaget & Inhelder, 1974, p. 11).

## 2. Remise en question des résultats piagétien

D'après Piaget, la compréhension des probabilités n'apparaîtrait qu'à la fin de l'âge scolaire, autour de 11-12 ans. Pourtant, comme dans d'autres domaines logico-mathématiques (Houdé, 2011), différentes études réalisées ultérieurement remettent en question ces résultats, via la mise en évidence de compétences plus précoces dans l'intuition et la compréhension des probabilités (Acredolo, O'Connor, Banks, & Horobin, 1989; Kuzmak & Gelman, 1986; Reyna & Brainerd, 1995; Schlottmann, 2001; Schlottmann & Tring, 2005).

Par exemple, l'étude de Schlottmann (2001) avait pour objectif de déterminer si des enfants, âgés en moyenne de 6 ans et 9 ans, étaient capables de prendre en compte la valeur espérée des alternatives lors de leur prise de décision. Dans cette étude, une bille roule dans un tube bicolore de couleur bleue (associée à un gain de six stylos ou de trois stylos) et verte (associée à un gain de six stylos ou de trois stylos). Le tube est divisé en plusieurs segments de couleur, ce qui permet de représenter les probabilités associées à chaque gain. La couleur sur laquelle la bille s'arrête détermine le gain qui sera obtenu par le joueur (cf. Figure 16, ci-dessous).

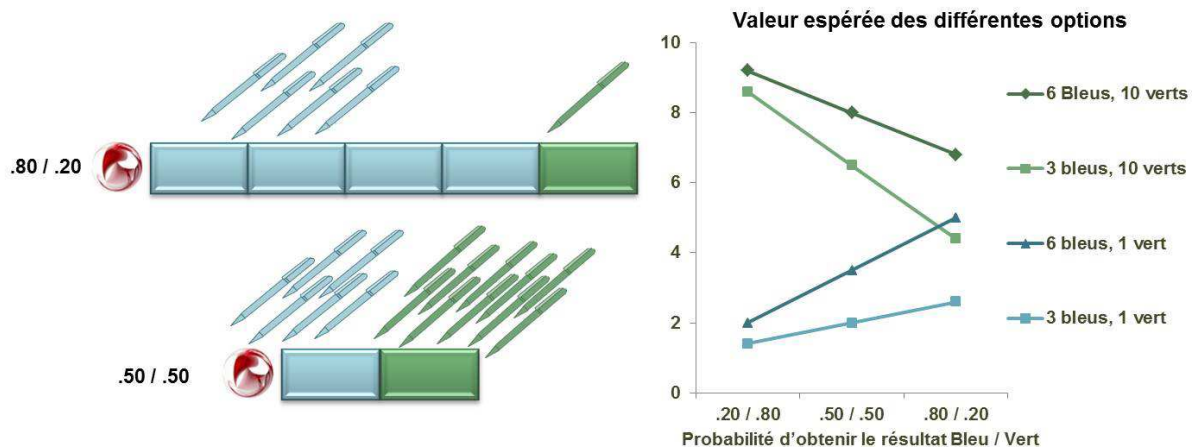


Figure 16 : Une bille est placée dans un tube bicolore. La couleur (bleu ou vert) sur laquelle la bille s'arrête détermine le gain obtenu par le joueur. Le montant et les probabilités de gain varient, faisant ainsi varier la valeur espérée de chaque option (d'après Schlottmann, 2001).

Les enfants ont pour consigne de juger, à l'aide de stickers de taille croissante, à quel point la poupée Lucy serait contente avec chaque type de jeu. Ils doivent juger du niveau de satisfaction de la poupée Lucy en fonction des gains et des probabilités associés à chaque



alternative (bleu ou vert), ce qui permet d'étudier leur prise en compte des gains alternatifs, des probabilités ainsi que de la valeur espérée (Schlottmann, 2001).

Dans le cas présent, chaque option est composée de deux gains alternatifs possibles et la valeur espérée de chaque tube doit être calculée de la façon suivante :

$$V.E. = p v_1 + (1 - p) v_2.$$

L'étude des jugements émotionnels (le niveau de satisfaction de la poupée Lucy) des enfants de 4-6 ans et de 7-11 ans montre une bonne compréhension du fait que les probabilités de gain agissent sur la valeur des gains. Le pattern de réponse des enfants est très similaire au pattern de valeur espérée des différentes options (cf. Figure 17, ci-dessous). Ainsi, les enfants jugent par exemple que Lucy serait plus contente de jouer à un jeu dans lequel elle a 20% de chances de gagner 3 stylos bleus et 80% de chances de gagner 10 stylos bleus, plutôt qu'à un jeu dans lequel les gains sont identiques mais les probabilités inversées. Dès l'âge de 4-6 ans, les enfants sont capables d'appréhender le concept de valeur espérée et de le prendre en compte dans le cadre d'un jugement émotionnel.

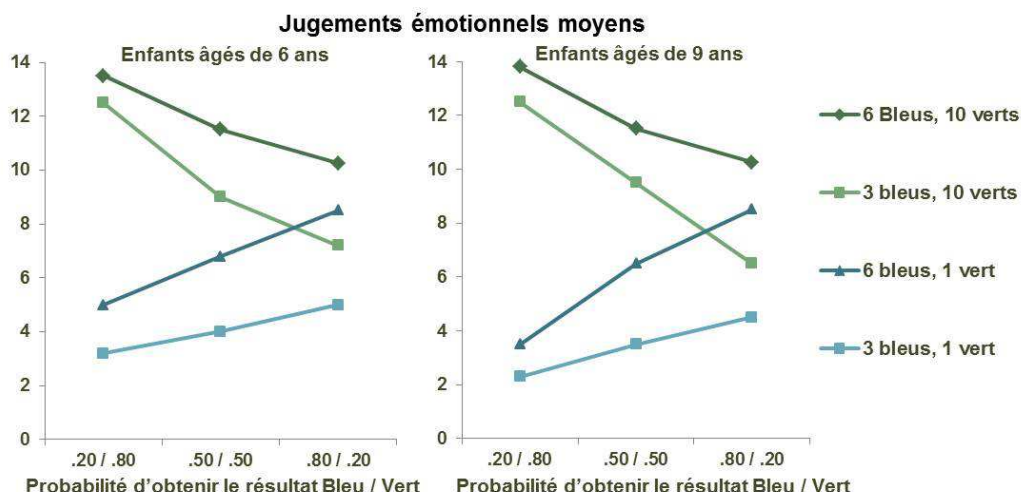


Figure 17 : Les enfants doivent juger du niveau de satisfaction du joueur (une poupée) en fonction des gains et des probabilités de chaque alternative (bleu ou vert), ce qui permet d'étudier la prise en compte de la valeur espérée par les enfants. L'analyse des scores de jugement émotionnel montre que leurs jugements émotionnels sont très proches des courbes de valeur espérée. Ainsi, les enfants semblent capables de comprendre que les probabilités de gain modulent la valeur des gains potentiels bien avant le stade des opérations formelles (d'après Schlottmann, 2001).

Bien que différentes études aient montré que les enfants de 4-6 ans ne maîtrisent pas la multiplication (Inhelder & Piaget, 1958; Siegler, 1981; Wilkening, 1981), ils semblent néanmoins capables d'évaluer la valeur espérée d'un jeu lorsque des stratégies intuitives peuvent s'appliquer. Ainsi, contrairement à ce qu'avait envisagé Piaget, les enfants prendraient en compte les probabilités de gain dans l'appréhension de la valeur espérée bien avant le stade des opérations formelles (Schlottmann, 2001).

Schlottmann (2001) précise par ailleurs que les enfants, comme les adultes, sont capables de traitements intuitifs et computationnels mais semblent moins à même de résister aux interférences.

En effet, Reyna (1995) met en évidence l'influence de la résistance à l'interférence dans la capacité à évaluer les probabilités. Dans cette étude, on présente des boîtes contenant deux sortes d'animaux à des enfants et à des adultes (cf. Figure 18, ci-dessous).

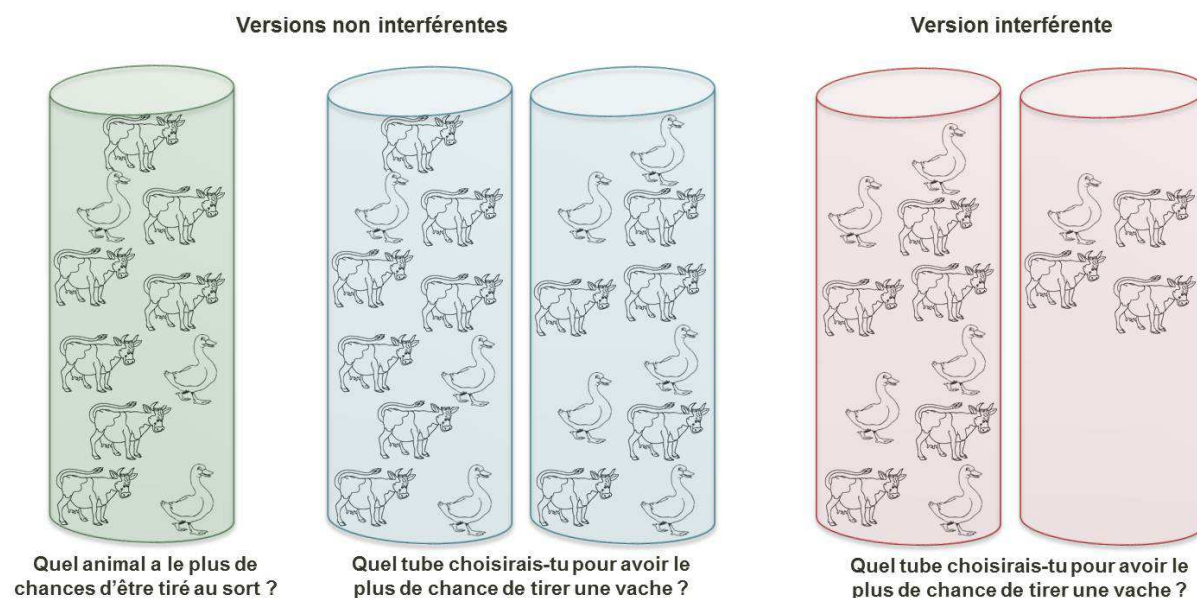


Figure 18 : Epreuve de jugement de probabilité reposant sur la comparaison de deux types d'animaux (des vaches et des canards). Trois versions sont proposées aux participants (âges des enfants non communiqué), dont une version interférente dans laquelle il existe un conflit entre le nombre total de vaches et la proportion de vache dans la boîte (d'après Reyna, 1995).

Dans une première tâche, on présente une boîte, contenant par exemple 7 vaches et 3 canards, et les participants doivent déterminer quel animal a le plus de chance d'être tiré au sort. Dans la seconde tâche, on présente deux boîtes, l'une contenant par exemple 7 vaches et 3 canards et l'autre contenant 5 vaches et 5 canards. Les participants doivent répondre à la question suivante : « Quel tube choisirais-tu pour avoir le plus de chance de tirer une vache ? ». Dans cette seconde tâche, le nombre total d'animaux présentés dans les deux boîtes est identique. Enfin, une version interférente de la seconde tâche est proposée aux participants dans laquelle on présente deux boîtes contenant un nombre différent d'animaux, par exemple l'une contenant 5 vaches et 5 canards et l'autre contenant 3 vaches et 1 canard. Dans cette version interférente de la tâche, la question posée aux participants est la même mais le nombre total d'animaux présenté dans les deux tubes varie.

Les enfants, comme les adultes, sont capables de répondre correctement aux questions posées en l'absence d'interférence. Le nombre total d'animaux présenté étant identique dans

les deux boîtes, les enfants sont capables de considérer les probabilités afin de répondre correctement.

Dans la version interférente de cette tâche, les enfants commettent un grand nombre d'erreurs. Pour répondre à la question posée, ils ne peuvent plus se contenter de prendre en compte le nombre de vaches contenu dans les deux boîtes, mais doivent prendre en compte la classe d'ensemble (les animaux) ainsi que les deux sous-classes (les vaches et les canards). Dans cette dernière version, le conflit existant entre le nombre total de vaches dans chaque boîte et le rapport entre les vaches et les canards conduit les enfants à un plus grand nombre d'erreurs. Cette étude met ainsi en évidence l'influence de l'interférence dans la capacité à effectuer un jugement de probabilité (Reyna, 1995).

Enfin, l'évolution de la capacité à estimer le niveau de risque d'une alternative, en s'appuyant sur des indices explicites, a été explorée très récemment dans une tâche expérimentale de prise de décision à risque, la « cake task » (Van Leijenhorst et al., 2008).

Van Leijenhorst et al. (2008) ont proposé aux participants (âgés de 8-9 ans, 11-12 ans, 14-15 ans, 17-18 ans et 25-30 ans) un choix entre (i) une option risquée offrant des gains attractifs et (ii) une option moins séduisante offrant des gains plus sûrs. Chaque choix est représenté par un gâteau découpé en six parts égales, chaque part pouvant être soit au chocolat (symbolisé par la couleur marron), soit à la fraise (symbolisé par la couleur rose). Pour remporter le jeu, les sujets doivent déterminer la saveur d'une part tirée au hasard, ce qui conduit à un gain de points (en cas de réussite) ou au contraire à une perte de points (en cas d'échec). Ainsi, la proportion de chaque couleur dans le gâteau correspond au niveau de risque (cf. Figure 19, ci-dessous).

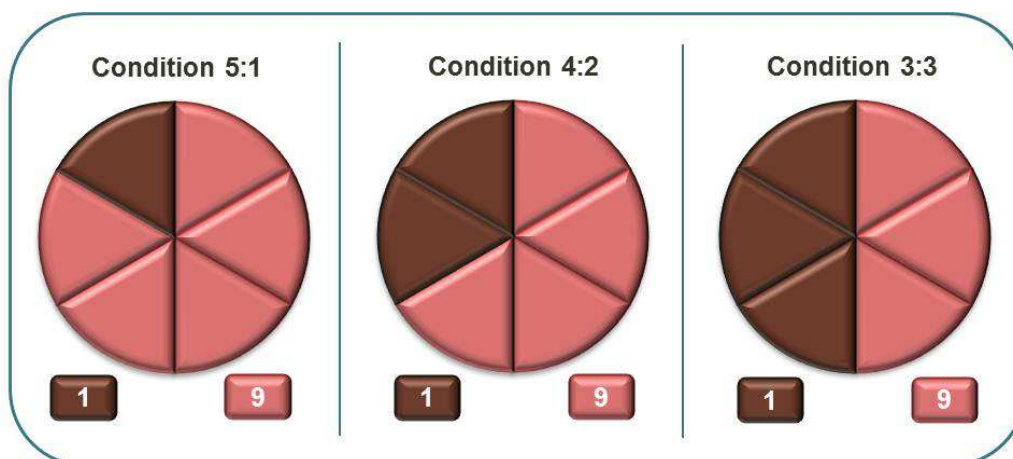


Figure 19 : Afin de déterminer le développement de la capacité à estimer le niveau de risque d'une alternative, des enfants, des adolescents et des adultes sont confrontés à un choix entre une option risquée offrant des gains attractifs et une option sûre offrant des gains moins attractifs. Les sujets doivent déterminer la saveur d'une part tirée au hasard, la proportion de parts à la fraise (en rose) et au chocolat (en marron) correspond au niveau de risque (d'après Van Leijenhorst et al., 2008).

Notons que le gain le plus important est systématiquement associé à la probabilité la plus faible. Ainsi, si l'adolescence est caractérisée par un déficit dans la capacité à estimer le risque, les adolescents devraient majoritairement choisir l'option la plus attractive et non l'option la plus probable.

Les résultats ne révèlent pas de différences significatives liées à l'âge dans les choix des participants. Dès l'âge de 8 ans, les participants parviennent à résister au conflit présent dans cette tâche, le pattern de réponse des enfants et des adolescents étant comparable à celui des adultes. De plus, les réponses des participants montrent une prise en compte du niveau de risque, puisque la prise de risque varie – elle augmente – lorsque la probabilité de gain augmente. L'absence de différences développementales dans la prise de décision des participants montre que les enfants et les adolescents présentent des capacités de prise de décision similaires à celles des adultes lorsqu'il s'agit d'évaluer les probabilités et les récompenses potentielles (Van Leijenhorst et al., 2008).

Ces études montrent que les enfants sont capables de considérer les probabilités et la valeur espérée des options de façon intuitive. Cependant, les enfants se trouvent en difficulté dans des situations d'interférence. On observe alors une chute de leurs performances. Ainsi, les capacités de raisonnement ne seraient pas seules en jeu dans ce type de tâche, introduisant la possibilité que plusieurs systèmes seraient en compétition chez l'enfant, de la même façon que chez l'adulte (Reyna, 1995; Reyna & Brainerd, 2011; Reyna & Ellis, 1994). Nous allons tout d'abord chercher à examiner comment évolue la sensibilité aux gains et aux pertes au cours du développement, avant de nous intéresser à l'application des théories du double processus en développement.

### **3. La Prospect Theory permet-elle de rendre compte de la prise de décision chez l'enfant ?**

L'analyse de la prise de décision à risque repose fréquemment sur des paradigmes de prise de décision financière dans lesquels les participants doivent effectuer un choix entre deux options de valeur espérée identique ou différente. Sachant que les enfants sont capables de déterminer intuitivement la valeur espérée des options (Schlottmann, 2001), la question se pose alors de savoir s'ils présenteront un pattern de prise de décision strictement rationnel, basé sur la maximisation de l'utilité espérée, ou s'ils présenteront le même type de biais de prise de décision que les adultes.

A cet égard, la « Prospect Theory » s'est principalement intéressée à la prise de décision chez l'adulte, démontrant que les choix s'effectuent suivant une fonction de valeur

concave pour les gains et convexe pour les pertes, cette fonction étant plus raide pour les pertes que pour les gains (cf. Figure 3, p. 24). Les choix sont également influencés par la fonction de pondération des probabilités, selon laquelle le poids des fortes probabilités est sous-estimé, tandis que le poids des faibles probabilités est surestimé (cf. Figure 6, p. 28).

Ainsi, l'attitude face au risque des individus devrait correspondre au pattern suivant : dans le domaine des gains, les individus devraient présenter une recherche de prise de risque concernant les faibles probabilités et une aversion au risque concernant les fortes probabilités ; ce pattern devrait être inverse dans le domaine des pertes (Harbaugh, Krause, & Vesterlund, 2002 ; Weller, Levin et Denburg, 2011). En psychologie du développement, un nombre très restreint d'études s'est directement intéressé à l'application de la Prospect Theory chez l'enfant et l'adolescent.

Par rapport aux adultes, les enfants ont été moins souvent confrontés dans leur vie quotidienne à des situations de prise de risque et sont moins habitués à faire face à leurs conséquences. D'après Harbaugh et al. (2002), si les comportements biaisés par rapport à la théorie de l'utilité espérée sont acquis à travers l'expérience, ils devraient être moins fréquents chez les enfants par rapport aux adultes. Harbaugh et al. (2002) examinent les patterns de prise de risque d'enfants (7 ans et 10 ans), d'adolescents (19 ans) et d'adultes (38 ans) afin de déterminer si leurs choix sont cohérents avec la Prospect Theory. Le paradigme utilisé repose sur un choix entre une option risquée (représentée par une roue de la fortune) et une option sûre de même valeur espérée. Concernant l'option sûre, dans la condition de gain, les enfants peuvent gagner une certaine somme d'argent, tandis que dans la condition de perte, ils peuvent perdre une certaine somme d'argent.

Cette étude met en évidence un effet développemental significatif sur la prise de risque, le pattern de prise de risque des enfants étant très différent de celui des adultes. On constate tout d'abord que les enfants choisissent plus souvent l'option risquée que les adultes et ces résultats sont cohérents avec d'autres études développementales (Boyer, 2006; Levin & Hart, 2003). De plus, en condition de gain, la proportion de choix risqués augmente avec les probabilités chez les enfants les plus jeunes, alors qu'elle reste constante chez l'adulte. En condition de perte, la proportion de choix risqués diminue avec les probabilités chez les enfants les plus jeunes, alors qu'elle reste toujours constante chez l'adulte. Ainsi, les enfants utilisent la fonction de pondération des probabilités de façon distincte par rapport aux adultes et de façon contraire à ce qui est prédit par la Prospect Theory, il semble qu'ils sous-estiment les faibles probabilités et surestiment les fortes probabilités (Harbaugh, Krause, & Vesterlund, 2002).

Notons que Harbaugh et al. (2002) n'ont pas comparé le pourcentage de choix risqués lorsque les options sont formulées en termes de pertes par rapport au pourcentage de choix risqués lorsque les options sont formulées en termes de gains.

Levin et Hart (2003) ont étudié la prise de risque d'enfants âgés de 4 à 6 ans dans une tâche similaire et ont effectué cette comparaison. Cette étude met en évidence la sensibilité d'enfants âgés de 4 à 6 ans à l'effet de réflexion, qui pousse les enfants à rechercher le risque d'une perte probable pour éviter une perte sûre et au contraire à privilégier un gain sûr à un gain probable (Levin & Hart, 2003).

Enfin, Weller et al. (2011) se sont intéressés à la sensibilité aux gains et aux pertes au cours de l'enfance (5-7 ans et 8-11 ans) et de l'âge adulte (de 18 à 85 ans). Ils observent que la prise de risque est élevée et constante tout au long du développement, dans le domaine des pertes. Ainsi, ces résultats confirment que la stratégie consistant à privilégier les choix risqués pour éviter des pertes sûres semble déjà acquise au cours de l'enfance. En revanche, dans le domaine des gains, la propension au risque diminue progressivement de l'enfance à l'âge adulte. Les enfants présentent en effet une prise de risque importante dans le domaine des gains, qui diminue fortement à l'âge adulte. Cette étude met en évidence un pattern développemental de prise de risque distinct dans le domaine des gains par rapport au domaine des pertes et ne parvient pas à mettre en évidence d'effet de réflexion au cours de l'enfance.

Les études citées précédemment montrent que les enfants, comme les adultes, présentent des biais dans leur prise de décision. La sensibilité à l'effet de réflexion mise en évidence par Levin & Hart (2003) et les comportements précoces de prise de risque mis en évidence dans le domaine des pertes (Weller et al., 2011) tendraient à montrer que les enfants – dès l'âge de 4 ans – effectuent leurs choix selon la même fonction de valeur que les adultes. En revanche, certains résultats obtenus par Weller et al. (2011) et par Harbaugh et al. (2003) contredisent ces conclusions. Ainsi, il semble difficile d'apporter une conclusion tranchée quant à l'application de la fonction de valeur et de la fonction de pondération des probabilités dans la prédiction des comportements de prise de décision des enfants.

De nombreux points doivent encore être éclaircis. Premièrement, la période de l'adolescence a été très peu étudiée dans les études citées précédemment, bien que de nombreux auteurs la considèrent comme une période sensible concernant la prise de risque (Albert & Steinberg, 2011; Boyer, 2006; Caffray & Schneider, 2000; Casey, Getz, & Galvan, 2008). Deuxièmement, bien que les paradigmes appliqués ci-dessus reposent sur un choix entre une option sûre et une option risquée et soient très proches de la tâche utilisée par De Martino et al. (2006) chez l'adulte, ils ne permettent pas d'étudier directement la sensibilité à



l'effet du cadre chez l'enfant. L'effet du cadre et l'effet de réflexion constituent en effet deux biais décisionnels distincts. L'effet de réflexion fait référence à une inversion (un reflet) des préférences lors d'un choix entre deux options présentant un résultat négatif (une perte sûre de 100€ et 50% de chance de perdre 200€) par rapport à un choix entre deux options présentant un résultat positif (un gain sûr de 100€ et 50% de chance de gagner 200€). L'effet du cadre survient lorsque le choix est influencé par la formulation des options en terme de gain et de perte, alors que la valeur espérée de l'option présentée en cadre gain (garder 100€ sur une somme initiale de 200€ ou 50% de chance de garder les 200€) est strictement équivalente à celle de l'option présentée en cadre de perte (perdre 100€ sur une somme initiale de 200€ ou 50% de chance de perdre les 200€ ; Fagley, 1993). Enfin, la question se pose de savoir comment les tenants des théories du double processus envisagent le développement du Type 1 et du Type 2 de raisonnement. Il serait alors intéressant d'étudier le développement de la sensibilité aux gains et aux pertes, et en particulier la tendance à succomber à l'effet du cadre au cours de l'enfance et de l'adolescence et de déterminer si les théories du double processus permettent de mieux appréhender le pattern développemental de la sensibilité aux biais décisionnels tout au long du développement.

## **II. De la difficulté d'appliquer les théories du double processus en développement**

Différents auteurs postulent, à l'inverse de Piaget, qu'il serait trop réducteur de considérer le développement comme une progression linéaire des capacités cognitives (Jacobs & Klaczynski, 2002; Reyna & Brainerd, 2011). Les théories du double processus postulent la présence de deux types de raisonnement chez l'adulte, un Type 1, de raisonnement heuristique et intuitif et un Type 2, de raisonnement analytique et contrôlé. Dès lors qu'il s'agit de déterminer de quelle façon se développent ces deux systèmes, des divergences apparaissent entre les tenants des théories du double processus.

### **1. De l'intuition à la logique**

D'après Piaget, le développement de l'intelligence se ferait en passant par une série de stades successifs. Au cours du développement, les capacités logico-mathématiques se construiraient progressivement, grâce aux interactions de l'enfant avec son entourage (Houdé, 2011). Mais, comme nous l'avons vu, de nombreuses études remettent en questions ce modèle du développement en escaliers (Van Leijenhorst, 2008; Reyna, 1995; Schlottman, 2001).

Gauffroy et Barouillet (2009) postulent, quant à eux, que le Type 1, qui est basique et très ancien du point de vue adaptatif, ne se développe pas de façon importante avec l'âge. En particulier, les processus automatiques et inconscients qui gouvernent le Type 1 ne se développeraient plus à la fin de l'enfance (Gauffroy & Barouillet, 2009; Barouillet, 2011). Cette affirmation serait renforcée par la présence de résultats contradictoires quant à la sensibilité aux heuristiques au cours du développement (Gauffroy & Barouillet, 2009). Quant au Type 2, qui résulte de processus réfléchis et est fortement dépendant de la charge en mémoire de travail, il continuerait à se développer plus tardivement, jusqu'à l'âge adulte (Gauffroy & Barouillet, 2009).

Cependant, comme nous allons le voir par la suite, de nombreux auteurs postulent qu'il serait trop simpliste d'affirmer que le Type 2 remplace progressivement le Type 1 au cours du développement et que seul le Type 2 continue à se développer durant l'adolescence et l'âge adulte (Evans, 2011; Jacobs & Klaczynski, 2002; Houdé, 2011; Reyna & Brainerd, 2011; Stanovich et al., 2011).

## **2. Trois systèmes en développement**

Il existe en effet un développement des capacités de raisonnement de Type 2 (analytiques) avec l'âge, mais également une augmentation des stratégies de Type 1 (heuristiques), conduisant à la fois à une automatisation adaptative des stratégies de prise de décision qui, en situation piège, peuvent conduire à l'effet du cadre mais également à de nombreux biais décisionnels (Evans, 2011; Houdé, 2007; Houdé & Guichart, 2001; Houdé & Moutier, 1996; Moutier, Plagne-Cayeux, Melot, & Houdé, 2006; Reyna & Brainerd, 2011; Stanovich et al., 2011).

Loin d'être linéaire ou, par stades successifs comme l'avait postulé Piaget, le développement de ces deux types serait au contraire dynamique et non-linéaire (Houdé, 2011; Siegler, 1999). Un tel développement, plus bousculé, des différentes stratégies impliquées est perçu en particulier par Houdé (2011) et Siegler (1999) comme une succession de vagues qui se chevauchent et dont la prépondérance évolue à chaque âge de la vie mais aussi selon le contexte de la prise de décision (cf. Figure 20, ci-dessous). L'individu devra alors inhiber ou activer ces stratégies au cas par cas (Houdé, 2000; 2011). Ainsi, avec l'âge, certaines stratégies vont apparaître et peuvent s'automatiser en cas d'utilisation fréquente, tandis que d'autres peuvent disparaître momentanément avant de réapparaître à une autre étape du développement en fonction des contraintes développementales, mais aussi en fonction de contraintes liées à la situation. Si les enfants sont capables d'utiliser des capacités de



raisonnement spécifiques à la tâche, à chaque étape du développement, ils sont également capables d'utiliser des heuristiques ou routines particulières. L'acquisition de ces deux types de raisonnement crée un répertoire très divers d'approches et de stratégies dans la prise de décision (Jacobs & Klaczynski, 2002), susceptible d'aboutir à de multiples situations d'interférences et conduisant à penser que la clef de la réussite reposerait sur la sélection de la stratégie pertinente et la suppression de la stratégie non pertinente.

Les stratégies de Type 1 sont sous-tendues par un nombre important de processus qui suivent des trajectoires développementales distinctes (Evans, 2011, 2012). Les biais décisionnels sont liés à l'expérience et à la mise en place progressive, chez l'enfant, d'un traitement contextualisé (Jacobs & Klaczynski, 2002; Reyna & Brainerd, 2011). Ainsi, Evans (2011) postule le pattern de développement suivant :

- i. Il y aurait tout d'abord mise en place d'une forme de raisonnement logique décontextualisé.
- ii. Le raisonnement deviendrait progressivement contextualisé, entraînant la mise en place de biais. Les capacités d'inhibition sont trop faibles pour enrayer ces biais.
- iii. Enfin, le raisonnement contextualisé serait accompagné de la mise en place des capacités d'inhibition, permettant d'enrayer les biais.

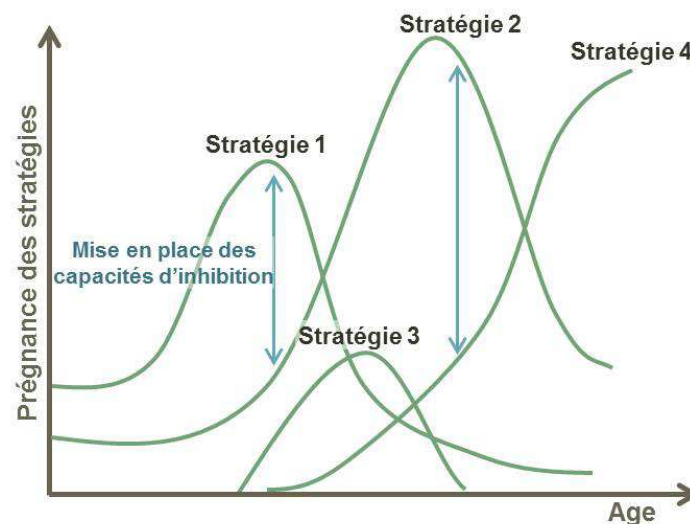


Figure 20 : Loin d'être linéaire ou, par stades successifs comme l'avait postulé Piaget, le développement des Types 1 et 2 de raisonnement serait au contraire dynamique et non-linéaire, par vagues successives (Houdé, 2011; Siegler, 1999). Ainsi, avec l'âge, certaines stratégies vont apparaître et peuvent s'automatiser en cas d'utilisation fréquente, tandis que d'autres peuvent disparaître. La mise en place des capacités d'inhibition permettra aux individus d'inhiber certaines stratégies fortement automatisées au profit de stratégies plus pertinentes pour la tâche en cours (d'après Houdé, 2011 et Siegler, 1999).

Ces capacités d'inhibition, ou capacités de contrôle cognitif, sont considérées par Evans comme un type de raisonnement à part entière, le Type 3, responsable de l'allocation de ressources et de la résolution de conflits (Evans, 2011). Dès la fin des années 90, Houdé

avait relevé l'importance des capacités d'inhibition dans la capacité des individus à mettre en place un raisonnement logique (Houdé, 1997; Houdé & Moutier, 1996, 1999). La capacité à contrôler et inhiber certaines stratégies ou décisions se développe au cours de l'enfance et de l'adolescence, parallèlement au Type 1 et au Type 2 de raisonnement, en lien avec une maturation du cortex préfrontal (Casey, Getz, & Galvan, 2008; Diamond, Barnett, Thomas, & Munro, 2007; Evans, 2011; Houdé, 2000, 2011; Jacobs & Klaczynski, 2002; Reyna et al., 2011; Stanovich et al., 2011). Le développement croissant des capacités d'inhibition permettra aux individus d'inhiber certaines stratégies heuristiques erronées au profit de l'activation de réponses analytiques et pertinentes en fonction de la situation (Houdé, 2000). D'après les théories classiques du double processus, on peut s'attendre à ce que les biais augmentent au fur et à mesure du développement, puis diminuent au cours de l'adolescence, à mesure que l'habileté à contrôler et inhiber ces biais se développe (Evans, 2011).

La lecture du pattern de développement proposé par Evans (2011) ne doit pas faire oublier que des stratégies très variées entrent en conflit à différents âges de la vie. Les heuristiques et les biais qui influenceront la prise de décision ne seront pas les mêmes à chaque étape du développement (Evans, 2011; Reyna et al., 2011; Reyna & Brainerd, 2011). D'après nous, il existe bien trois systèmes en développement, le développement des capacités d'inhibition permettant d'enrayer une stratégie heuristique erronée au profit d'une stratégie analytique pertinente. Elle constitue une « caractéristique clé d'une intelligence humaine parfaitement adaptée » (Evans, 2011, p. 99), permettra aux individus de privilégier la stratégie la plus adéquate, à chaque âge de la vie (Evans, 2011; Houdé, 2000, 2011).

Tout en considérant le développement de ces trois systèmes, Reyna (Reyna et al., 2011; Reyna & Ellis, 1994) affirment que le Type 2 (analytique) ne correspondrait pas forcément à la forme optimale de la rationalité, par rapport au Type 1 (intuitif).

### **3. Le cas particulier de la Fuzzy-Trace Theory**

D'après Reyna, le développement ne correspond pas « simplement à une accumulation d'un nombre de plus en plus important de capacités, mais consiste plutôt en une simplification et une intégration » (Reyna & Brainerd, 2011, p. 201). Cette affirmation est à la base de sa « Fuzzy-Trace Theory » ou théorie de la trace floue. Par contraste avec ce qui est proposé par les théories classiques du double processus, il y aurait plus qu'une dichotomie dans la prise de risque entre un Type 1 et un Type 2 de raisonnement. Le point de départ de cette théorie repose sur la mise en évidence d'une augmentation de certains biais de prise de décision entre l'enfance et l'âge adulte, comme l'effet du cadre (Reyna et al., 2011; Reyna & Ellis, 1994).

La Fuzzy-Trace Theory est une théorie du double processus, selon laquelle la prise de décision se ferait en fonction de deux types de représentations : (i) les représentations de type *verbatim* correspondent à des représentations littérales et exactes des problèmes et des situations, tandis que (ii) les représentations de type *gist* correspondent à une perception de l'essence d'un problème, à une interprétation subjective et intuitive basée sur l'émotion, l'éducation, la culture et l'expérience (Reyna et al., 2011; Reyna & Brainerd, 1995, 2011). Comme dans les théories classiques du double processus, Reyna considère que les représentations de types *gist*/intuitives sont celles qui mènent l'individu aux biais. Ces représentations *gist*/intuitives sont généralement rapides, automatiques et inconscientes, à l'inverse des représentations *verbatim*. Cependant, l'intuition occupe une place centrale dans la Fuzzy-Trace Theory. Elle est considérée comme étant hautement adaptative car elle permet aux individus de saisir l'essence d'un problème et d'y faire face de façon rapide et efficace dans la vie quotidienne (Reyna & Brainerd, 1994, 1995, 2011; Reyna & Ellis, 1994)

Dès l'âge de 4-5 ans, les enfants sont capables de mettre en place des processus *verbatim* dans la prise de décision (Reyna & Brainerd, 1994). L'intuition se développe en parallèle des capacités de raisonnement logique. Au cours du développement, l'analyse *verbatim* serait mise en place moins fréquemment, au profit d'une analyse plus intuitive des résultats et des probabilités. Ce type de pattern développemental permet d'expliquer l'augmentation progressive de la sensibilité à des biais décisionnels, comme l'effet du cadre, observée chez l'enfant et l'adolescent (Reyna et al., 2011; Reyna & Ellis, 1994).

Rappelons que l'effet du cadre conduit généralement les individus adultes à être « aversifs au risque » quand les options sont formulées en termes de gain et « preneurs de risques » lorsque ces mêmes options sont formulées en termes de perte.

Reyna et Ellis (1994) ont étudié l'effet du cadre de présentation dans une perspective développementale. Des enfants âgés de 4;8 ans, 8;0 ans et 11;1 ans ont été confrontés à différents problèmes proches de la tâche de la grippe asiatique utilisée par Kahneman et Tversky (1981 ; cf. énoncé 9, p. 32). Dans les énoncés utilisés par Reyna et Ellis (1994), la valeur espérée de l'option sûre est identique à celle de l'option risquée et les choix risqués comportent trois niveaux de risque ( $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$  ou  $\frac{3}{4}$ ) et trois niveaux de résultat (1, 4 ou 30). Il faut noter que la procédure pour les pertes varie légèrement de celle utilisée pour les gains car les sujets reçoivent une mise de départ dans le cadre de perte, alors qu'ils n'en reçoivent pas dans le cadre de gain (cf. Figure 21, ci-dessous). La méthodologie utilisée pour les gains s'apparente ainsi davantage à l'étude de l'effet de réflexion qu'à celle de l'effet du cadre.

L'analyse des résultats montre que les enfants, quel que soit leur âge, choisissent très majoritairement l'option risquée (dans plus de 65% des cas). Tandis que les enfants de 4 ans ne présentent aucun effet du cadre, les enfants de 8 ans présentent un effet du cadre inversé pour la probabilité la plus forte ( $\frac{3}{4}$ ), choisissant plus souvent l'option sûre dans le cadre de gain par rapport au cadre de perte. Les enfants de 11 ans, quant à eux, prennent moins de risque à mesure que les probabilités augmentent. Ils présentent par ailleurs un effet du cadre classique lorsque le niveau de résultat est le plus faible (1) et un effet du cadre inversé lorsque le niveau de résultat est le plus élevé (30).

Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par Harbaugh (2002) qui observe une grande prise de risque en condition de gain et une faible prise de risque en condition de perte pour les probabilités élevées (égale à .80). Weller et al. (2011) ont quant à eux montré que les enfants de 5-7 ans et 8-10 ans présentent une prise de risque plus élevée que les adultes en cadre de gain. De plus, la prise de risque des enfants de cet âge est aussi élevée en cadre de gain qu'en cadre de perte. Ils n'ont en revanche pas étudié spécifiquement la prise de risque des participants en fonction du niveau de risque et du niveau de résultat.

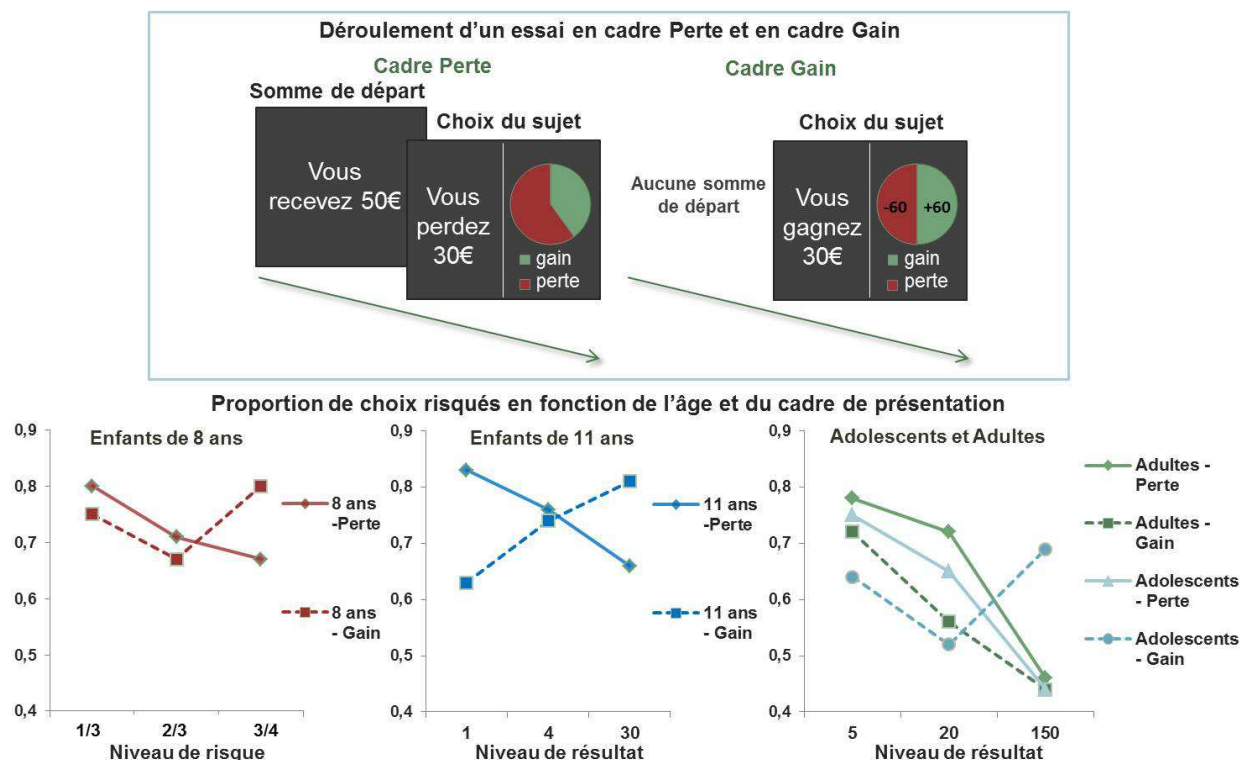


Figure 21 : Illustration du paradigme utilisé par Reyna et Ellis (1994) et Reyna et al. (2011) pour étudier la sensibilité à l'effet du cadre chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte. Quel que soit l'âge, les participants choisissent majoritairement l'option risquée. On observe l'apparition d'un effet du cadre inversé dès 8 ans, puis l'effet du cadre classique à partir de 11 ans (D'après Reyna & Ellis, 1994 et Reyna et al., 2011).

La sensibilité à l'effet du cadre a également été étudiée à l'adolescence (14-17 ans) à l'aide d'une tâche très similaire à celle utilisée précédemment (Reyna et al., 2011). Les choix risqués comportent, comme précédemment, trois niveaux de risque ( $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$  ou  $\frac{3}{4}$ ) et trois niveaux de résultat (5, 20 ou 150 dollars). Dans cette tâche, la procédure pour les pertes varie de celle utilisée pour les gains, tout comme dans la tâche utilisée auprès des enfants.

Les adolescents, comme les adultes, choisissent majoritairement l'option risquée et ont tendance à moduler leur prise de risque en fonction des probabilités. Plus la probabilité est élevée, moins les participants ont tendance à choisir l'option risquée, quel que soit le cadre. Lorsque la prise de risque est analysée en fonction du niveau de résultat, on observe un effet du cadre classique chez les adolescents pour les résultats faibles et moyens (5 et 20 dollars), mais un effet du cadre inversé pour le niveau de résultat le plus élevé (150 dollars). Ainsi, lorsque l'enjeu est important, les adolescents, comme les enfants de 11 ans, présentent une inversion de l'effet du cadre (cf. Figure 21, ci-dessus).

D'après Reyna et Ellis (1994), l'ensemble de ces résultats, souvent analysés comme des anomalies, seraient plutôt la preuve du développement d'une forme d'intelligence intuitive basée sur nos expériences passées, qui entrerait en compétition avec une forme d'intelligence plus analytique (Reyna & Ellis, 1994). Les biais et heuristiques seraient des processus hautement adaptatifs, qui sont nécessaires au bon fonctionnement de l'individu et qui seraient d'avantage utilisés au fur et à mesure du développement (Reyna et al., 2011; Reyna & Ellis, 1994).

Comme chez l'adulte, le pattern développemental observé chez l'enfant et l'adolescent peut être expliqué à l'aide des théories du double processus. L'effet du cadre inversé mis en évidence chez l'adolescent est le résultat du développement parallèle de deux formes d'intelligence : l'une intuitive, dite *gist*, basée sur nos expériences passées et l'autre permettant un traitement *verbatim* de l'information, c'est-à-dire quantitatif et littéral. Les enfants les plus jeunes s'appuient uniquement sur un système *verbatim*, ce qui explique l'absence de biais dans leur prise de décision. Chez les enfants les plus âgés et les adolescents, le traitement intuitif de l'information se développe progressivement. L'analyse est encore en partie *verbatim*, mais les participants se focalisent principalement sur la dimension des récompenses. Dans ce cas, ils préfèrent les gains les plus importants (correspondant au choix risqué dans le cadre de gain) et les pertes les plus faibles (correspondant à l'option sûre dans le cadre de perte), ce qui les conduit à effectuer leurs choix selon un effet du cadre inversé (Reyna et al., 2011; Reyna & Brainerd, 2011). A l'âge l'adulte, seul le système qualitatif entre

en jeu. Les participants ont tendance à privilégier le choix sûr dans le cadre de gain et le choix risqué dans le cadre de perte, ce qui conduit à l'effet du cadre classique.

L'effet du cadre serait le reflet d'un passage progressif d'une pensée quantitative sur l'ensemble des dimensions (ce qui se reflèterait par une absence d'effet du cadre), au traitement quantitatif d'une seule dimension (entraînant un effet du cadre inversé) pour finalement raisonner de façon qualitative et intuitive (entraînant un effet du cadre standard).

Ces études mettent en évidence l'apparition progressive d'un biais de prise de décision au fur et à mesure du développement. L'apparition de ce biais est l'illustration de la présence de plusieurs types de raisonnement entrant en conflit à différents âges de la vie. On peut toutefois regretter, dans ces études, l'absence de parallélisme entre la procédure utilisée pour les gains et celle utilisée pour les pertes, ce qui expliquerait la faiblesse de l'effet du cadre observé chez l'adulte (cf. Figure 21, courbes vertes). Comme nous l'avons fait remarquer plus haut, l'effet du cadre mis en évidence dans ces études peut être assimilé à l'effet de réflexion (Tversky & Kahneman, 1984).

Ainsi, certains auteurs ont mis en évidence des résultats divergents par rapport à ceux obtenus par Reyna et Ellis (1994), lorsque la méthodologie utilisée pour les pertes est similaire à celle utilisée pour les gains. Schlottmann et Tring (2005) mettent en évidence un effet du cadre classique au sein d'un groupe d'enfants âgés de 6-7 ans et de 9-10 ans.

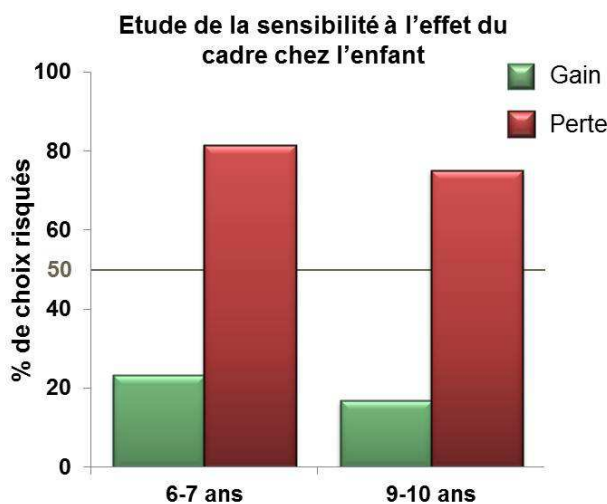


Figure 22 : Schlottmann et Tring (2005) ont mis en évidence un effet du cadre classique chez les enfants dès l'âge de 6-7 ans, les enfants étant aversifs au risque en cadre de gain et preneurs de risque en cadre de perte.

Les participants choisissent significativement plus souvent l'option risquée en cadre de perte (78% des cas) par rapport au cadre de gain (20% des cas), quelles que soient les sommes et les probabilités en jeu. Ainsi, dans cette tâche, les enfants sont aussi sensibles que les adultes à l'effet du cadre, présentant un comportement d'aversion au risque en cadre de gain

et de prise de risque en cadre de perte. Ces résultats vont à l'encontre de ceux obtenus par Reyna et Ellis (1994), puisqu'ils mettent en évidence une sensibilité à l'effet du cadre dès l'âge de 6-7 ans.

Il est toutefois regrettable, dans la tâche utilisée par Schlottman et Tring (2005) que le niveau de risque (égal à 25%, 50% ou 75%) soit confondu avec le niveau de résultat (15, 10 ou 5 bonbons respectivement). Il n'est alors pas possible de distinguer l'impact du niveau de risque de celui du niveau de résultat, sur la sensibilité à l'effet du cadre. Il nous semblerait particulièrement pertinent d'étudier la sensibilité à l'effet du cadre à l'adolescence, en fonction du niveau de résultat et à l'aide d'une tâche dont la procédure serait identique en cadre de gain et en cadre de perte. Par ailleurs, puisque différents auteurs postulent que l'effet du cadre est un biais d'ordre émotionnel (De Martino et al., 2010; De Martino et al., 2006; Guitart-Masip et al., 2010), il serait intéressant de prendre en compte le rôle des émotions et du contexte émotionnel sur la sensibilité à ce biais à l'adolescence.

En effet, Jacobs et Klaczynski (2002) considèrent que les caractéristiques de la tâche, mais également les croyances, la motivation et le contexte socio-émotionnel influencent la mise en œuvre des différents types de raisonnement, leur étude ne devant aucunement être ignorée. Nous nous intéresserons par la suite à l'influence générale des émotions et du contexte socio-émotionnel dans la prise de décision chez l'enfant et l'adolescent, avant d'examiner le développement de deux émotions cognitives très particulières, connues pour avoir une influence importante sur la prise de décision – le regret et le soulagement.

### **III. Influence du contexte socio-émotionnel sur la prise de décision à l'adolescence**

#### **1. L'adolescence, une période particulière**

Bien qu'il soit difficile d'atteindre un consensus dans la définition de l'adolescence, il est généralement admis que c'est une période de transition entre l'enfance et l'âge adulte, qui s'accompagne de changements physiques (sur le plan corporel et cérébral), psychologiques et sociaux (Dahl, 2004; Ernst et al., 2005; Galvan, Van Leijenhorst, & McGlennen, 2012). Elle débute au moment de l'entrée dans la puberté, qui varie selon les individus et en fonction du genre. Galvan et al. (2012) proposent de distinguer les phases suivantes au cours de l'adolescence : (i) la période de pré-puberté, de 8 à 12 ans, (ii) la période de puberté moyenne, de 13 à 15 ans et (iii) la période de puberté tardive de 16 à 18 ans.



L'étude de la prise de décision à l'adolescence a connu un intérêt croissant au cours de la dernière décennie (cf. Galvan et al., 2012). Les théories traditionnelles de la prise de décision présument que l'augmentation des capacités cognitives s'accompagne d'une diminution de la prise de risque. Or, les capacités cognitives des adolescents sont assez comparables à celles des adultes (Dahl, 2004; Reyna & Farley, 2006; Steinberg, 2007), ce qui devrait se refléter par une diminution de la prise de risque entre l'enfance et l'adolescence et une quasi absence de différence entre l'adolescence et l'âge adulte. Pourtant, l'adolescence est une période au cours de laquelle la prise de risque est fréquente, les adolescents ayant plus tendance que les enfants et les adultes à s'engager dans des conduites de prise de risque dans la vie quotidienne, tel que la consommation de substances illicites, les relations sexuelles non protégées ou la conduite en état d'ivresse (Albert & Steinberg, 2011; Boyer, 2006; Caffray & Schneider, 2000; Casey, Getz, & Galvan, 2008; Steinberg, 2008). Dans la suite de ce chapitre, nous allons tenter de mieux comprendre ce paradoxe.

## **2. Le paradoxe de la prise de risque à l'adolescence**

Dans la vie de tous les jours, de nombreuses études montrent que les adolescents s'engagent plus facilement dans des situations à risque que les enfants ou les adultes (Albert & Steinberg, 2011; Boyer, 2006; Caffray & Schneider, 2000; Casey et al., 2008; Steinberg, 2008). Dans une tâche mise au point pour évaluer le développement du regret et du soulagement, Burnett et al. (2010) mettent en évidence une courbe de prise de risque en U inversé de l'enfance à l'âge adulte (cf. Figure 29, p. 93). Cependant, les recherches expérimentales n'ont pas systématiquement confirmé le stéréotype d'un adolescent irrationnel qui néglige les conséquences délétères des comportements à risque.

Nous avons vu que les enfants sont capables, dès l'âge de 4-6 ans, d'évaluer intuitivement les probabilités et la valeur espérée de différentes options (Reyna, 1995; Schlottmann, 2001). Par ailleurs, les enfants et les adolescents sont capables d'estimer le niveau de risque d'une alternative et de choisir l'option la plus favorable et non l'option la plus attractive (Van Leijenhorst et al., 2008). Ainsi, l'augmentation de la prise de risque observée à l'adolescence ne peut être imputée à une différence développementale dans la perception du risque.

Dans une revue de la littérature très complète, Reyna et Farley (2006) montrent que les enfants et les adolescents sont capables de prendre en compte la valeur espérée des options lors de leur prise de décision. Ils mettent par ailleurs en évidence une diminution de la tendance à prendre des risques, mais également de la préférence pour le risque, avec l'âge.



Confrontés à un choix entre une option sûre et une option risquée, les enfants sont en effet plus susceptibles de prendre des risques que les adolescents et les adultes dans des paradigmes purement expérimentaux (Levin & Hart, 2003; Reyna & Ellis, 1994; Reyna & Farley, 2006). De plus, les adolescents semblent aussi performants que les adultes lorsqu'il s'agit d'évaluer les conséquences de comportements de la vie quotidienne potentiellement risqués et d'estimer leur probabilité d'occurrence (Beyth-Marom, Austin, Fischhoff, Palmgren, & Jacobs-Quadrel, 1993; Quadrel, Fischhoff, & Davis, 1993).

Ces résultats développementaux sont en accord avec l'idée selon laquelle la prise de risque devrait diminuer à mesure que les capacités cognitives des enfants et des adolescents augmentent. Ils contrastent pourtant avec les nombreuses études mettant en évidence une augmentation des comportements à risque entre l'enfance et l'adolescence. Ainsi, la trajectoire en apparence strictement linéaire du développement cognitif ne permet pas de rendre compte pleinement des comportements de prise de risque à l'adolescence (Albert & Steinberg, 2011; Boyer, 2006; Caffray & Schneider, 2000; Casey et al., 2008; Jacobs & Klaczynski, 2002; Reyna & Farley, 2006; Steinberg, 2008).

L'enjeu est alors de parvenir à expliquer la diminution de la prise de risque entre l'adolescence et l'âge adulte mais également de comprendre les mécanismes qui conduisent à son augmentation de l'enfance à l'adolescence (Albert & Steinberg, 2011; Casey et al., 2008; Reyna & Farley, 2006; Steinberg, 2008).

### **3. Prise en compte du contexte émotionnel pour une meilleure compréhension de la prise de risque à l'adolescence**

Les modèles normatifs de la prise de décision considèrent que les cinq éléments suivants sont nécessaires à une prise de décision adaptée : (i) l'identification des options, (ii) l'évaluation des conséquences possibles de chaque option, (iii) l'évaluation de l'attractivité de chaque conséquence, (iv) l'estimation des probabilités d'occurrence de chaque conséquence et (v) l'application d'un algorithme de décision aux informations précédentes afin d'identifier l'option présentant la plus grande utilité subjective (Albert & Steinberg, 2011).

Nous avons vu que les adolescents présentent des capacités similaires à celles des adultes lorsqu'il s'agit d'identifier les options, de percevoir un risque et d'estimer sa probabilité d'occurrence. Il s'agit alors de déterminer quels sont les autres facteurs qui influencent l'algorithme de décision à l'adolescence.

Le principal écueil rencontré par les études citées jusqu'à présent repose sur l'absence de considération du contexte socio-émotionnel et de son influence sur la prise de décision des

adolescents (Gardner & Steinberg, 2005; Reyna & Farley, 2006). Dans la vie quotidienne, les adolescents sont fréquemment entourés par leurs pairs et une grande partie de leur prise de décision s'effectue dans un contexte social. Gardner et Steinberg (2005) émettent l'hypothèse que l'augmentation de la prise de risque observée à l'adolescence serait liée à la présence de pairs au moment du processus décisionnel.

Afin de tester cette hypothèse, Gardner et Steinberg (2005) ont confronté des adolescents (âgés de 14 ans) et des adultes (âgés de 19 ans et de 35 ans) à une tâche de prise de décision proche de la vie quotidienne : une simulation de conduite automobile (cf. Figure 23, ci-dessous). A chaque intersection, les participants doivent décider ou non de freiner à l'approche d'un feu tricolore passant à l'orange. Les participants décident alors s'ils continuent à avancer, malgré la couleur orange du feu, risquant ainsi un accident. Le participant gagne des points lorsque sa voiture avance, mais le non-respect de la signalisation peut engendrer des accidents dramatiques conduisant à la perte de la totalité des points engrangés pendant l'essai. Les participants sont confrontés à un conflit entre la tendance à vouloir maximiser le nombre de points et le risque de tout perdre si la décision de freiner est prise trop tard. Dans la condition de jeu individuel, les participants effectuent cette tâche seuls, alors que dans la condition de jeu en groupe, ils effectuent cette tâche en présence de pairs.

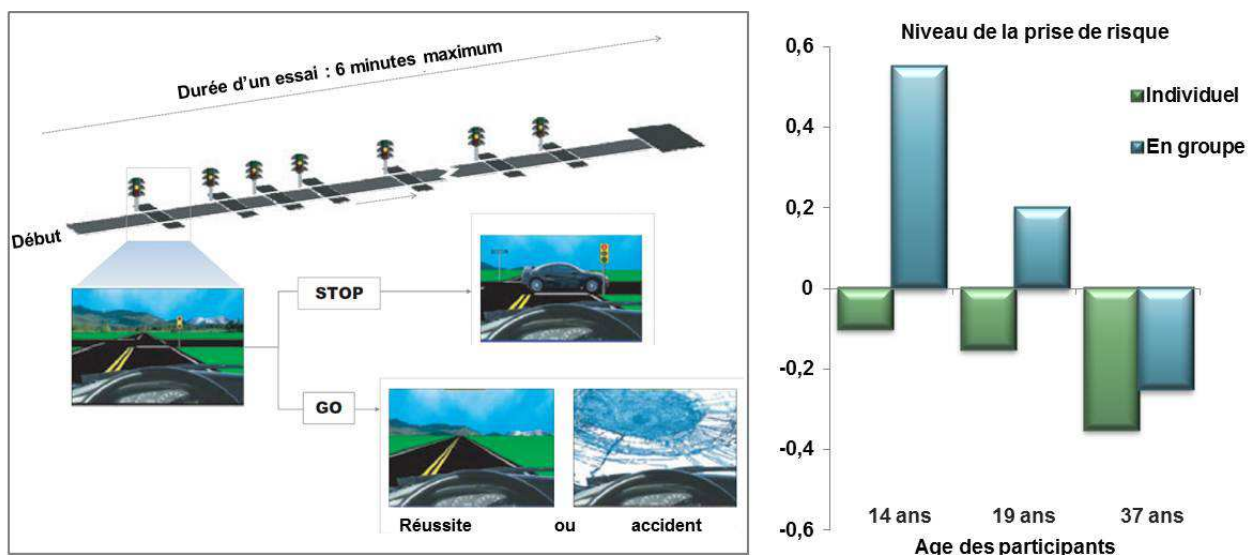


Figure 23 : Déroulement d'un essai de simulation de conduite automobile, tâche proposée à des adolescents et des adultes. Les résultats obtenus mettent en évidence l'effet de la présence de pairs sur la prise de risque à l'adolescence (d'après Gardner & Steinberg, 2005 et Chein et al., 2011).

Dans la condition de jeu individuel, les adolescents présentent une prise de décision légèrement aversive au risque, la prise de risque diminuant par ailleurs légèrement de l'adolescence à l'âge adulte. De façon intéressante, dans la condition de jeu en groupe, la

prise de risque augmente très fortement chez les adolescents, alors qu'elle ne varie pas chez les adultes les plus âgés (cf. Figure 23, ci-dessus). Ces résultats tendent ainsi à confirmer l'hypothèse d'une prise de risque accrue en présence de pairs et de l'importance du contexte socio-émotionnel dans l'étude de la prise de décision à l'adolescence (Gardner & Steinberg, 2005).

L'étude de Gardner et Steinberg (2005) confirme que le développement des compétences logiques ne permet pas à lui seul d'expliquer le pattern de prise de risque observé à l'adolescence et qu'il est nécessaire de prendre en compte d'autres processus ou d'autres types de raisonnement.

Les neurosciences développementales vont permettre de trouver une réponse plausible au paradoxe de la prise de risque à l'adolescence. En 2007, Yurgelund-Todd suggère de se référer au fait que la maturation du cortex préfrontal, associée à une augmentation des capacités de raisonnement abstrait, de shifting attentionnel et de contrôle cognitif, s'effectue tardivement par rapport à d'autres régions cérébrales et se poursuit à l'adolescence. Le cortex préfrontal joue, en effet, un rôle essentiel de régulation de la prise de décision et de mise en place du contrôle cognitif chez les adolescents et adultes (Yurgelun-Todd, 2007). Sa maturation tardive permettrait d'expliquer la diminution de la prise de risque de l'adolescence à l'âge adulte. Cependant, elle ne permet pas à elle seule de comprendre l'augmentation de la prise de risque de l'enfance à l'adolescence. En 2006, Galvan et collaborateurs ont quant à eux mis en évidence une activité excessive du striatum ventral (en particulier des noyaux accumbens), par rapport à l'activité du cortex préfrontal chez les adolescents comparativement aux enfants et aux adultes. Le striatum ventral et le cortex préfrontal présenteraient donc des trajectoires développementales distinctes (Galvan et al., 2006). Ces résultats sont cohérents avec une autre étude mettant en évidence une sensibilité accrue du striatum ventral aux récompenses à l'adolescence (Ernst et al., 2005).

Ernst et al. (2005) ont confrontés des adolescents et des adultes à un jeu de roue de la fortune. A chaque essai, les participants découvrent une roue de la fortune leur permettant de gagner (ou non) une certaine somme d'argent, aucun résultat négatif n'étant mis en jeu. Ils doivent alors choisir l'un des deux résultats potentiels de la roue. Après avoir découvert leur résultat, ils complètent une échelle émotionnelle renseignant sur leur niveau de satisfaction. Les résultats obtenus mettent en évidence un biais de positivité dans les réponses des adolescents par rapport à celles des adultes, les adolescents reportant des niveaux exagérés de ressenti émotionnel suite aux fortes récompenses. Lors de ces essais, les adolescents présentent en outre une plus forte activation des noyaux accumbens par rapport aux adultes.

Cette étude tend à mettre en évidence l'hyper-sensibilité des adolescents aux récompenses et la trajectoire développementale particulière du striatum ventral (en particulier des noyaux accumbens) à l'adolescence.

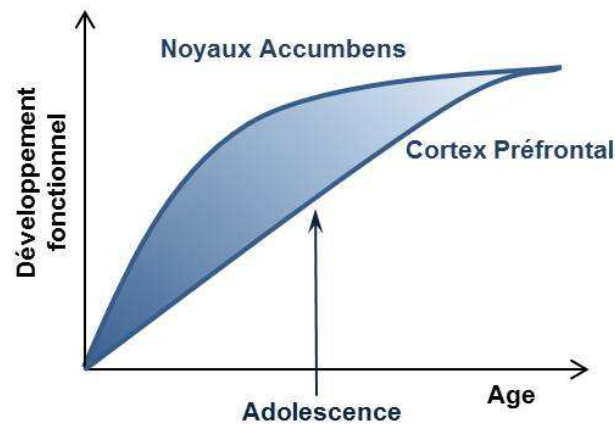


Figure 24 : La prise de risque accrue observée à l'adolescence serait liée à la différenciation des trajectoires développementales du cortex préfrontal (lié au contrôle cognitif) et des noyaux accumbens (liés aux stratégies de régulation émotionnelle - d'après Casey et al., 2008).

Casey, Getz et Galvan (2008) proposent un modèle neurobiologique du développement de la prise de risque de l'enfance à l'âge adulte. Il leur paraît indispensable de prendre en compte le développement des régions limbiques sous-corticales, impliquées dans les capacités de régulation émotionnelle. Ces structures deviendraient matures plus précocement que les structures de contrôle cognitif. Ainsi, les adolescents seraient particulièrement sensibles aux récompenses, ce qui expliquerait l'augmentation de la prise de risque (Casey et al., 2008; Yurgelun-Todd, 2007). D'après ce modèle, la sensibilité accrue aux récompenses associée à l'immatrité des régions de contrôle cognitif conduirait les adolescents à rechercher des récompenses immédiates, plutôt que de privilégier des gains à long-terme (cf. Figure 24, ci-dessus). Cette association expliquerait l'augmentation de la prise de risque et les comportements impulsifs observés à l'adolescence. A l'âge adulte, le système de contrôle cognitif, mieux développé, serait à même de réguler le système émotionnel, entraînant dès lors une diminution de la prise de risque.

Ce modèle, qui prend en compte la sensibilité accrue des adolescents aux récompenses, n'inclut pas directement l'influence du contexte socio-émotionnel dans la prise de risque à l'adolescence. Chein et al. (2011) postulent l'existence de deux systèmes cérébraux affectant la prise de décision : un système de contrôle cognitif et un système motivationnel (cf. Figure 25, ci-dessous). Le système de contrôle cognitif, qui régit la prise de décision orientée vers un but, implique l'activation du cortex préfrontal latéral. Le système motivationnel est quant à lui basé sur l'évaluation subjective des options et la prédiction des

récompenses potentielles ; il implique le striatum ventral et le cortex orbitofrontal. A l'adolescence, le système motivationnel serait particulièrement développé par rapport aux régions de contrôle cognitif (Galvan et al., 2006). Par conséquent, les adolescents auront plus tendance à s'engager dans des comportements à risque et seront beaucoup plus sensibles aux gains que les adultes (Albert & Steinberg, 2011; Chein et al., 2011). Cette tendance sera particulièrement visible dans un contexte socio-émotionnel prégnant, dans lequel le système motivationnel aura tendance à prévaloir sur le système de contrôle cognitif.

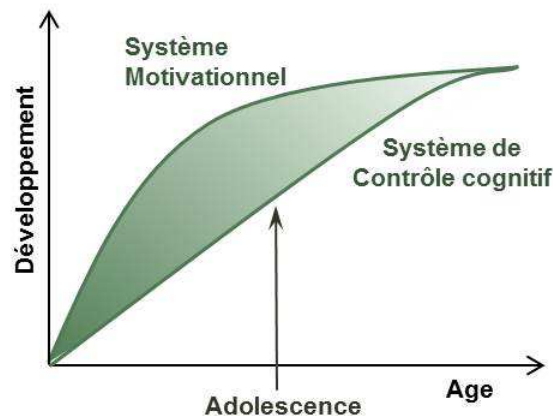


Figure 25 : Deux systèmes émotionnels influencent la prise de décision : un système de contrôle cognitif, qui régit la prise de décision orientée vers un but et implique le cortex préfrontal latéral ; un système motivationnel, basé sur l'évaluation subjective des options et la prédiction des récompenses potentielles, impliquant le striatum ventral et le cortex orbitofrontal. A l'adolescence, dans un contexte socio-émotionnel prégnant, le système motivationnel aura d'autant plus tendance à prévaloir sur le système de contrôle cognitif (d'après Chein et al., 2011).

Cette modélisation permet en outre d'expliquer l'absence de différences développementales mise en évidence par différentes études de la prise de décision à risque (Van Leijenhorst et al., 2008 ; Beyth-Marom, et al., 1993; Quadrel, et al., 1993). Dans un contexte purement expérimental, le système motivationnel aurait une influence modérée sur la prise de décision des adolescents, ce qui leur permettrait d'obtenir des performances similaires à celles des adultes. Les facteurs socio-émotionnels étant plus prégnants dans la vie quotidienne, le système motivationnel aura un impact plus important que le système de contrôle cognitif sur les performances.

Chein et al. (2011) vont à nouveau confronter des adolescents et des adultes à la tâche de simulation de conduite automobile (cf. Figure 23, p. 80), tout en mesurant les activations cérébrales des participants. Les résultats comportementaux sont similaires à ceux observés par Albert et Steinberg (2005). Lorsqu'ils sont observés par des pairs, les adolescents prennent significativement plus de risques. En outre, l'étude montre qu'ils présentent une activation plus importante des structures cérébrales impliquées dans le système motivationnel (striatum ventral et cortex orbitofrontal) par rapport aux adultes, et ce uniquement dans la condition de

jeu en groupe. Enfin, les adolescents présentent une activation plus faible du cortex préfrontal latéral que les adultes, mais l'activation de cette région n'est pas modulée par le contexte socio-émotionnel (Chein et al., 2011). Ainsi, l'activation du système de contrôle cognitif est liée à l'âge des individus, mais ne semble pas sensible à la manipulation du contexte émotionnel. La présence de pairs semble quant à elle amplifier l'activation du système motivationnel, chez les adolescents uniquement, entraînant ainsi une prise de risque accrue dans ce contexte (cf. Figure 26, ci-dessous). Cette étude confirme l'importance de la prise en compte du contexte socio-émotionnel dans l'étude de la prise de décision à l'adolescence.

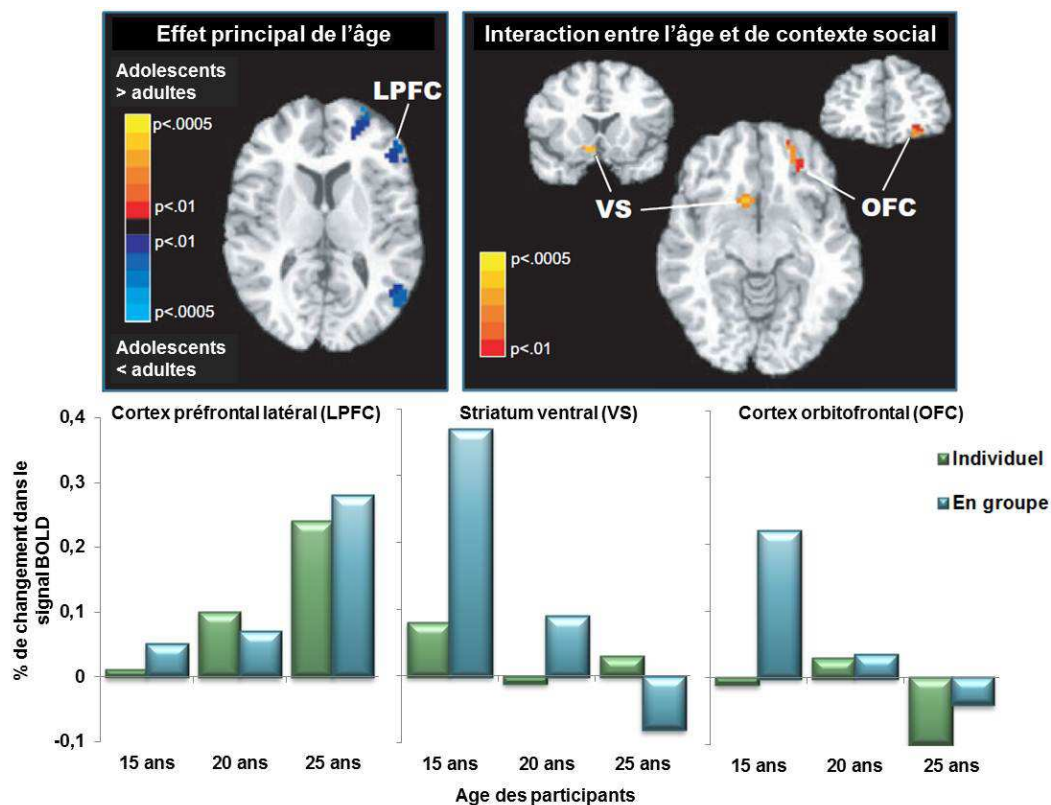


Figure 26 : Des adolescents et des adultes sont confrontés à une tâche de conduite automobile, en jeu individuel ou en présence de pairs. Dans cette dernière condition, les adolescents présentent une activation accrue du système motivationnel (composé du striatum ventral et du cortex orbitofrontal - d'après Chein et al., 2011).

Notons qu'à l'âge adulte, l'évaluation par des pairs peut également avoir une influence importante sur les performances lors de situations de forte interférence. Ainsi, le fait de présenter des photographies de regard aux participants au cours de la tâche entraîne une diminution des performances dans la condition interférente du Stroop (Conty, Gimmig, Belletier, George, & Huguet, 2010).

Par ailleurs, différentes études suggèrent que les adolescents présentent une forte prise de risque du fait d'une sensibilité accrue aux récompenses (Ernst et al., 2005; Galvan et al., 2006; Galvan, 2010; Van Leijenhorst, Zanolie, et al., 2010; Van Leijenhorst, Crone, & Bunge,



2006). Comme nous l'avons vu précédemment, la prise de risque à l'adolescence a été mise en relation avec une plus grande activation du striatum ventral, qui joue un rôle central dans la sensibilité, le traitement et l'anticipation des récompenses (Galvan et al., 2006; McClure et al., 2004).

Dans une étude récente de neuroimagerie, Van Leijenhorst et al. (2010) étudient à nouveau la sensibilité du striatum ventral aux récompenses à l'adolescence. Un paradigme de « machine à sous » leur permet d'étudier de façon distincte les effets de l'anticipation, de la réception et de l'absence de récompenses, chez des enfants (de 10-12 ans), des adolescents (de 14-15 ans) et des adultes (de 18-23 ans). Lors de la phase d'anticipation de la récompense, le striatum ventral présente un pic important chez les adolescents, par rapport aux adultes, qui présentent quant à eux une plus forte activation du cortex orbitofrontal en l'absence de récompense (Van Leijenhorst et al., 2010). Cette étude confirme l'hypersensibilité des adolescents aux récompenses, tandis que chez les adultes le cortex orbitofrontal permet la prise en compte de l'absence de récompense.

Les différentes études comportementales et de neuroimagerie mettant en évidence l'hypersensibilité des adolescents aux récompenses (Albert & Steinberg, 2011; Ernst et al., 2005; Ernst, Pine, & Hardin, 2006; Galvan et al., 2006; Galvan, 2010; Van Leijenhorst et al., 2010) peuvent s'intégrer au modèle triadique des comportements orientés vers un but, dans lequel Ernst et al. (2006) distinguent le système de gestion des récompenses du système de gestion des punitions. Ce modèle résulte ainsi de l'engagement de trois systèmes comportementaux sous-tendus par des bases neurales distinctes : (i) un système d'approche, qui gère les récompenses, (ii) un système d'évitement sensible aux punitions (ou pertes) et (iii) un système de régulation qui module les contributions relatives des deux systèmes précédents (cf. Figure 27, ci-dessous). Le système de gestion des récompenses implique l'activation du striatum ventral, tandis que le système de gestion des punitions implique l'activation de l'amygdale (centre de la peur), décrite comme un « frein comportemental » protecteur contre les émotions négatives (Ernst et al., 2006). Enfin, le système de régulation implique le cortex préfrontal.

Chez les adolescents, Ernst et al. (2006) postulent l'existence d'un déséquilibre en faveur du système de gestion des récompenses par rapport au système d'évitement des punitions, tandis que le système de régulation, encore immature, échoue à équilibrer ces deux systèmes. C'est ce déséquilibre qui conduirait les adolescents à une plus grande propension aux conduites à risque (voir également Van Leijenhorst, Gunther Moor, et al., 2010).

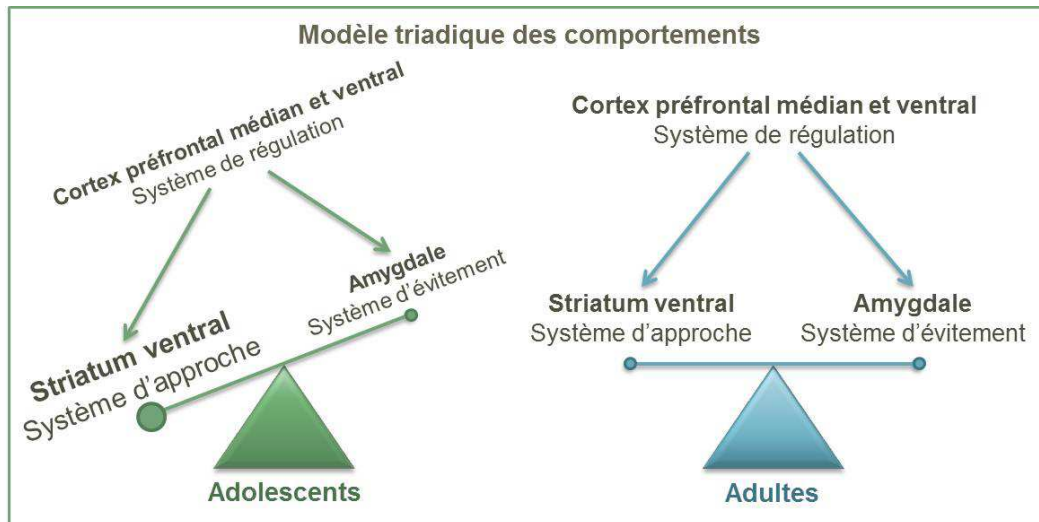


Figure 27 : Le modèle triadique des comportements résulte de l'engagement de trois systèmes sous-tendus par des bases neurales distinctes : un système d'approche (sensible aux récompenses), un système d'évitement (sensible aux pertes) et un système de régulation qui module les contributions relatives des deux autres systèmes. A l'adolescence, le système d'approche serait prépondérant au dépend du système d'évitement (d'après Ernst et al., 2006).

Si le système de récompenses a été très largement étudié, le système de gestion des punitions, qui influence également la prise de décision et est associé à des émotions négatives, a quant à lui été très peu étudié dans ce cadre. Pourtant, il est très important de prendre en considération aussi bien la façon de réagir aux gains des enfants et des adolescents que leur façon de réagir aux pertes (Shlottman & Tring, 2005). En particulier, le fait de penser à des gains alternatifs semble être une action plus spontanée que le fait de penser à des pertes alternatives chez l'adulte (Connolly & Zelenberg, 2002; German, 1999; Mellers et al., 1999; Roese, 1997) comme chez l'enfant (Weisberg & Beck, 2012).

Bien que l'étude de la sensibilité à l'effet du cadre permette de s'intéresser à la gestion des gains et des pertes, ce type de tâche permet difficilement d'étudier l'influence du contexte socio-émotionnel sur la prise de décision. Ainsi, afin de mieux comprendre l'influence du système d'évitement sur la prise de décision à l'adolescence, il serait intéressant d'étudier simultanément la réaction aux gains et aux pertes, et en particulier le développement du ressenti de deux émotions contrefactuelles, l'une négative et l'autre positive : le regret et le soulagement. L'étude de ces émotions nous permettrait de nous intéresser à l'effet d'un contexte socio-émotionnel prégnant sur la gestion des récompenses et des punitions à l'adolescence. D'après Amsel et al. (2005), un contexte socio-émotionnel fort – comme un contexte de compétition sociale – pourrait biaiser l'évaluation rationnelle du regret chez les adolescents. Dans ce contexte spécifique de prise de décision, certaines options peuvent être perçues comme socio-culturellement désirables, alors qu'elles ne seraient pas perçues comme telles dans un contexte plus classique. La mise en évidence de différences développementales



et individuelles dans la régulation des émotions anticipées chez les adolescents fournirait une explication cohérente sur la façon dont ils peuvent présenter des comportements à risque alors qu'ils possèdent les capacités cognitives nécessaires à une prise de décision adaptée (Amsel, Bowden, Cottrell, & Sullivan, 2005).

#### IV. Développement de deux émotions dites contre-factuelles chez l'enfant et l'adolescent : le regret et le soulagement

Le terme de « pensée contrefactuelle » désigne la capacité de penser contre les faits, de penser à ce qui *aurait pu* se produire, aux alternatives passées (Epstude & Roese, 2008). Nous sommes capables de penser aux alternatives qui auraient pu être meilleures, comme à celles qui auraient pu être pires. Cependant, il semble que, chez l'adulte comme chez l'enfant la pensée contrefactuelle en référence à des événements qui auraient pu être meilleurs est générée plus spontanément que la pensée contrefactuelle en référence à des événements qui auraient pu être pires (Epstude & Roese, 2008; German, 1999; Roese, 1997).

Lorsque la pensée contrefactuelle est liée à des choix personnels, elle peut nous conduire à éprouver un certain type d'émotions dites contrefactuelles, le regret et le soulagement (Coricelli et al., 2005; Epstude & Roese, 2008; Guttentag & Ferrell, 2004). Ainsi, le développement de la capacité à éprouver du regret sera étroitement lié au développement de la capacité à penser de façon contrefactuelle. Les études ayant porté sur le développement de la pensée contrefactuelle suggèrent que les enfants sont capables de raisonner à propos de ce qui aurait pu se produire à partir de l'âge de 3-4 ans (Beck, Riggs, & Gorniak, 2009; Harris, German, & Mills, 1996; Rafetseder & Perner, 2012).

Ainsi, si le regret et le soulagement reposent uniquement sur la capacité à pouvoir raisonner de façon contrefactuelle, les enfants devraient être capables d'éprouver ces émotions dès l'âge de 3-4 ans. Cependant, les études de neuroimagerie effectuées chez l'adulte montrent que le ressenti de ces émotions est lié à l'activation du cortex orbitofrontal, dont la maturation se poursuit jusqu'à l'adolescence (Camille et al., 2004; Chua et al., 2009; Coricelli et al., 2007; Gogtay et al., 2004). Il paraît intéressant de déterminer à partir de quel âge les enfants sont capables de ressentir du regret et du soulagement, comment se développe ce ressenti, mais également l'âge à partir duquel les enfants vont prendre en compte ces émotions dans leurs choix ultérieurs.

Comme nous allons le voir, en psychologie du développement, l'étude des émotions contrefactuelles se fait selon une démarche différente de celle qui est appliquée chez l'adulte. Les recherches en développement cherchent principalement à déterminer l'âge à partir duquel les enfants sont capables d'éprouver du regret et du soulagement et d'anticiper le ressenti de ces émotions. De ce fait, elles n'intègrent pas encore l'étude du développement de ces émotions aux modèles cognitifs de la prise de décision chez l'enfant et l'adolescent. En revanche, elles étudient de façon plus spécifique les facteurs qui influencent leur développement.

### **1. A partir de quel âge les enfants sont-ils capables d'éprouver du regret et du soulagement ?**

Partant du principe que le développement de la pensée contrefactuelle est un élément nécessaire à la compréhension du regret et du soulagement, Amsel et Smalley (2000) cherchent à déterminer si ces émotions sont déjà comprises par des enfants de 3 à 5 ans. Dans cette étude, les enfants regardent un jeu au cours duquel une poupée doit choisir entre deux boîtes avant de découvrir si le prix qu'elle a obtenu est supérieur ou inférieur à celui de l'autre boîte. Les enfants, âgés de 3 à 5 ans, sont capables de penser à l'alternative contrefactuelle, mais sont incapables de prendre en compte l'information contrefactuelle afin d'inférer le type d'émotion que la poupée devrait ressentir (Amsel & Smalley, 2000).

Guttentag et Ferrell (2004) proposent à des enfants âgés de 5 ans, 7 ans et 9 ans, différents scénarios mettant en scène deux personnages confrontés à un choix entre deux alternatives, afin de déterminer l'âge à partir duquel les enfants sont capables d'éprouver du regret et du soulagement. Sachant que les actions inhabituelles entraînant un résultat négatif sont plus à même d'engendrer du regret chez l'adulte, les personnages de chaque scénario sont confrontés à un choix entre une alternative habituelle et une alternative inhabituelle (Kahneman & Miller, 1986). En fonction des scénarios, le choix entre ces alternatives peut aboutir à un résultat négatif, positif ou neutre. Ainsi, le résultat final est identique pour les deux personnages, bien qu'ils n'aient pas effectué le même choix.

Exemple de scénario aboutissant à un résultat *négatif* :

Bob et David se rendent à l'école à vélo. En arrivant sur l'étang, ils ont deux possibilités : le contourner par la droite ou par la gauche.

Le chemin qu'ils doivent emprunter est boueux ce jour-là.

Bob décide de prendre son chemin habituel et de contourner l'étang par la droite. Malheureusement, une branche lui barre la route, il tombe alors et se blesse.

David, quant à lui, contourne habituellement l'étang par la gauche, mais il décide aujourd'hui de le contourner par la droite. Il tombe alors sur la branche et se blesse également.

Quel personnage se sentira le plus mal dans cette histoire ? Bob, qui a pris son chemin habituel, ou David qui a choisi de prendre un chemin différent de son chemin habituel ?

Cette étude met en évidence une compréhension du regret – mais pas du soulagement – à partir de l'âge de 7 ans. A cet âge, les enfants sont capables de baser leur jugement sur une comparaison entre deux options, uniquement lorsque la conclusion du scénario est négative (Bob et David se blessent sur la branche) et non dans une situation de soulagement (Bob et David découvrent qu'un arbre barrait la route plus tard dans la journée et que les enfants qui sont passés par là après eux se sont blessés ; Guttentag & Ferrell, 2004). Ce décalage entre la compréhension du regret et la compréhension du soulagement est en accord avec des recherches antérieures montrant que les adultes et les enfants présentent une tendance plus fréquente à raisonner de façon contrefactuelle lorsque le résultat obtenu est négatif (Epstude & Roese, 2008; German, 1999).

Ces premières études présentent plusieurs limites : (i) elles se sont portées sur la compréhension du regret et du soulagement et non sur son ressenti effectif, (ii) ces scénarios impliquent la compréhension du regret, non pas pour soi, mais pour autrui ce qui peut contribuer à complexifier la tâche, enfin (iii) les scénarios présentés par (Guttentag & Ferrell, 2004) reposent sur de bonnes capacités de compréhension verbale et de mémorisation.

En 2000, Amsel et Smalley ont étudié le ressenti du regret et du soulagement à l'aide d'une tâche dans laquelle des enfants âgés de 3 à 5 ans ont pour consigne de choisir entre deux cartes retournées. Une fois leur choix effectué, les enfants découvrent leur résultat ainsi que le résultat d'autrui (l'expérimentateur) et doivent compléter une échelle émotionnelle (en précisant s'ils sont mécontents, un peu contents, plutôt contents ou très contents). L'analyse des échelles émotionnelles est effectuée sur la base des essais au cours desquels l'enfant et l'expérimentateur ont choisi la même carte, ce qui signifie que la carte non retournée aurait pu permettre à l'enfant de gagner ou de perdre face à l'expérimentateur. L'analyse des échelles émotionnelles ne permet pas de conclure que les enfants âgés de 3 à 5 ans soient capables d'éprouver du regret et du soulagement, car ils ne prennent pas en compte le résultat contrefactuel dans leur réponse (Amsel & Smalley, 2000).

Il semble, d'après ces études, que les enfants dès 3-5 ans soient capables de se représenter une alternative contrefactuelle mais rencontrent des difficultés lorsqu'il s'agit de comparer les différentes alternatives (Amsel & Smalley, 2000).

Différents auteurs vont baser leurs recherches sur un choix entre différentes alternatives, afin d'étudier directement le développement du ressenti du regret et du soulagement plutôt que le développement de leur compréhension (Guttentag & Ferrell, 2008; O'Connor, McCormack, & Feeney, 2012; Weisberg & Beck, 2010). De la même façon que chez l'adulte, le regret et le soulagement sont induits en montrant au participant le résultat qu'il a obtenu ainsi que celui qu'il aurait pu obtenir, s'il avait fait un choix différent.

L'étude de Weisberg et Beck (2010) repose sur une mesure intéressante du regret et du soulagement. Ils proposent à des enfants, âgés de 5-6 ans, 6-7 ans et 7-8 ans, un choix entre deux boîtes contenant un nombre différent de stickers. Les enfants ouvrent d'abord la boîte choisie pour découvrir leur résultat, ce qui correspond à un feedback partiel. Ils doivent ensuite compléter une échelle émotionnelle allant de 1 (très mécontent) à 5 (très content). Puis, l'expérimentateur ouvre la seconde boîte, ce qui correspond au feedback complet. Suite à un truquage expérimental, cette boîte peut contenir un nombre supérieur (situation de regret) ou inférieur de stickers (situation de soulagement). L'enfant complète alors à nouveau l'échelle émotionnelle. Dans cette étude, les résultats sont analysés sur la base d'un score de différence entre les résultats obtenus au feedback partiel et les résultats obtenus au feedback complet, ce qui permet d'étudier spécifiquement le ressenti des émotions contrefactuelles – regret et soulagement – en soustrayant le ressenti de la déception et de la satisfaction (Weisberg & Beck, 2010). De cette façon, les scores négatifs indiquent un ressenti du regret alors que les scores positifs indiquent un ressenti du soulagement (cf. Figure 28, ci-dessous).

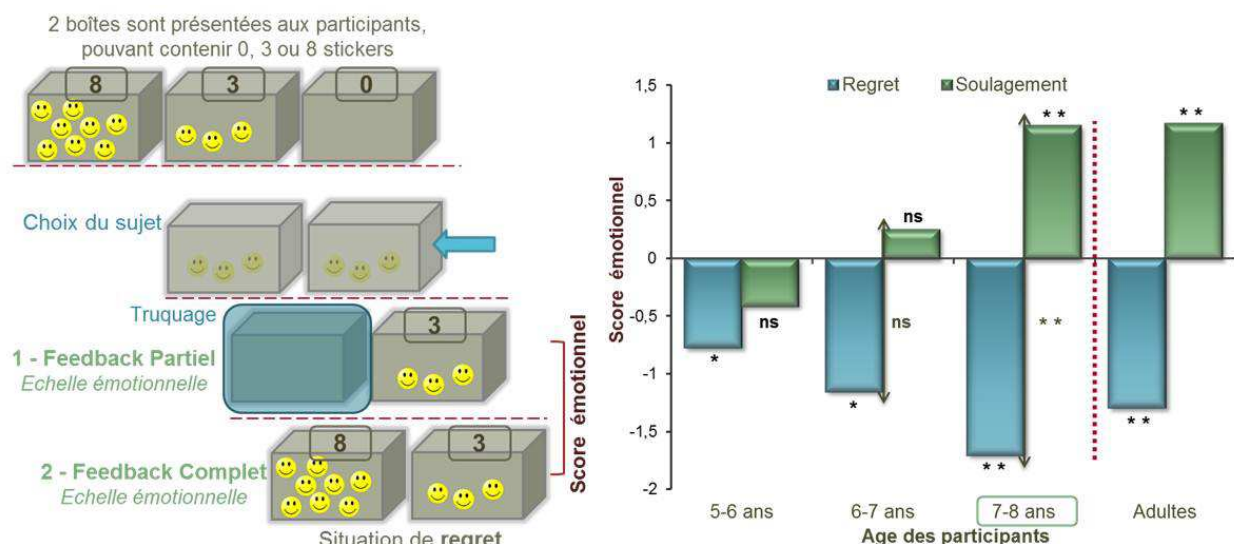


Figure 28 : Les participants sont confrontés à un choix entre deux boîtes pouvant contenir 0, 3 ou 8 stickers. Après avoir découvert leur résultat (feedback partiel), ils doivent compléter une échelle émotionnelle allant de 1 à 5. Puis, l'expérimentateur ouvre la seconde boîte (feedback complet) et les participants complètent à nouveau l'échelle émotionnelle. Les résultats sont analysés sur la base d'un score de différence en soustrayant les

résultats obtenus au feedback partiel de ceux obtenus au feedback complet. L'analyse des scores de regret et de soulagement montre que les enfants ressentent du regret, dès l'âge de 5-6 ans, tandis qu'ils ne ressentent du soulagement qu'à partir de l'âge de 7-8 ans (d'après Weisberg & Beck, 2010).

L'analyse des scores de regret et de soulagement montre que les enfants présentent des scores négatifs et significativement différents de zéro dans la condition de regret, dès l'âge de 5-6 ans. En revanche, ils ne présentent des scores positifs et significativement différents de zéro dans la condition de soulagement qu'à partir de l'âge de 7-8 ans. Ainsi, cette étude met à nouveau en évidence un décalage entre le développement de la capacité à éprouver du regret et le développement de la capacité à éprouver du soulagement. Les enfants seraient capables d'éprouver du regret dès l'âge de 5-6 ans, mais ne seraient capables d'éprouver du soulagement qu'à partir de l'âge de 7-8 ans. Les enfants auraient ainsi une plus grande facilité à générer une pensée contrefactuelle lorsque le résultat alternatif aurait pu être meilleur, tout comme cela a été précédemment observé (Guttentag & Ferrell, 2004; Roese, 1997).

Les enfants sont donc capables d'éprouver du regret dès l'âge de 5-6 ans et du soulagement dès l'âge de 7-8 ans. L'étude de Weisberg et Beck (2010) met ainsi en évidence des résultats comportementaux similaires à ceux des adultes dès l'âge de 7-8 ans. Cependant, le ressenti du regret et du soulagement est lié à l'activation du cortex orbitofrontal, dont la maturation se poursuit durant l'adolescence (Gogtay et al., 2004). On peut s'attendre à ce que ce ressenti se développe progressivement au cours de l'enfance et de l'adolescence.

## **2. Développement du regret et du soulagement à l'adolescence et influence sur la prise de décision**

Chez l'adolescent, le développement du regret et du soulagement a également été étudié à l'aide de tâches de prise de décision proposant un choix entre deux options. Ces études se sont principalement focalisées sur l'analyse des scores émotionnels, conduisant à des résultats contradictoires (Burnett, Bault, Coricelli, & Blakemore, 2010; Rafetseder & Perner, 2012).

Rafetseder et Perner (2012) ont proposé à des participants, âgés de 3 à 14 ans, un choix entre deux boîtes contenant des prix attractifs (des bonbons, des stickers colorés et dorés ou des figurines) et moins attractifs (un stickers unicolore ou un bonbon). Les participants devaient compléter une échelle émotionnelle après avoir découvert le résultat obtenu (feedback partiel) et le résultat non obtenu (feedback complet). Les auteurs s'attendaient à ce que les enfants éprouvent du regret lorsqu'ils avaient obtenu un gain non attractif plutôt qu'un gain attractif. De façon intéressante, Rafetseder et Perner (2012) mettent

en évidence un développement progressif de la capacité à éprouver du regret de l'âge de 9 ans à l'âge adulte.

Chez les enfants les plus jeunes (âgés de 4 à 8 ans), l'analyse des échelles émotionnelles ne met pas en évidence de différence entre les résultats obtenus au feedback partiel et les résultats obtenus au feedback complet (Rafetseder & Perner, 2012). D'après ces résultats, les enfants de 4 à 8 ans ne seraient pas capables d'éprouver du regret. Ces résultats sont très surprenants compte tenu du fait que plusieurs études ont mis en évidence la capacité à ressentir du regret chez les enfants dès l'âge de 5 à 7 ans (Guttentag & Ferrell, 2004, 2008; O'Connor et al., 2012; Weisberg & Beck, 2010). On peut se demander si, dans cette étude, la distinction entre les gains attractifs et les gains peu attractifs était suffisamment explicite pour les enfants les plus jeunes (dont les lots étaient différents de ceux des enfants les plus âgés). De plus, cette étude, comme l'ensemble des recherches citées jusqu'à présent n'a pas confronté les participants à des résultats négatifs. Le regret est uniquement étudié en comparant un gain peu attractif à un gain plus attractif et non en comparant l'obtention d'un gain à l'obtention d'une perte. De la même façon, le soulagement est étudié en comparant un gain attractif à un gain moins attractif.

Le développement du regret et du soulagement à l'adolescence a été exploré récemment à l'aide d'une tâche de prise de décision financière à risque mettant en jeu des résultats positifs et négatifs (Burnett et al., 2010). Le regret et le soulagement étaient induits chez les participants, âgés de 9-11 ans, 12-15 ans, 15-18 ans et 25-35 ans, en manipulant le résultat obtenu et le résultat non obtenu (cf. Figure 29, ci-dessous). Cette fois, l'analyse des échelles émotionnelles a été effectuée en prenant en compte les résultats obtenus lors du feedback complet et non sur la base d'un score de différence. Contrairement à l'étude de Rafetseder et Perner (2012), l'analyse des échelles émotionnelles ne met pas en évidence de développement du regret entre l'enfance et l'âge adulte. D'après Burnett et al. (2010) seul le ressenti du soulagement se développerait au cours de l'adolescence et non le ressenti du regret (cf. Figure 29, ci-dessous).

L'absence de différences développementales observée dans le ressenti du regret est surprenante compte-tenu du rôle prépondérant joué par le cortex orbitofrontal dans le ressenti de cette émotion et peut être liée à la nature des variables dépendantes utilisées. Il nous paraît souhaitable de baser l'analyse du regret et du soulagement sur un score de différence entre le résultat obtenu au feedback partiel et le résultat obtenu au feedback complet (Weisberg & Beck, 2010). De plus, sachant que le ressenti du regret et du soulagement est étroitement lié au choix effectué par le participant, il semblerait judicieux d'utiliser une échelle de choix,



comme cela a été fait chez l'adulte (Chua et al., 2009). Cette mesure complémentaire permettrait également d'analyser l'influence du ressenti du regret et du soulagement sur l'ajustement comportemental des sujets. En effet, seule l'étude de Burnett et al. (2010) a cherché à étudier l'influence de ces émotions sur la prise de décision des sujets, mettant en évidence une plus grande prise de risque chez les jeunes adolescents (12-15 ans), chez qui le soulagement a un impact plus fort que dans les autres groupes (cf. Figure 29, ci-dessous). Ainsi, l'augmentation de la prise de risque à l'adolescence serait liée à une sensibilité accrue aux récompenses (Burnett et al., 2010; Casey et al., 2008).

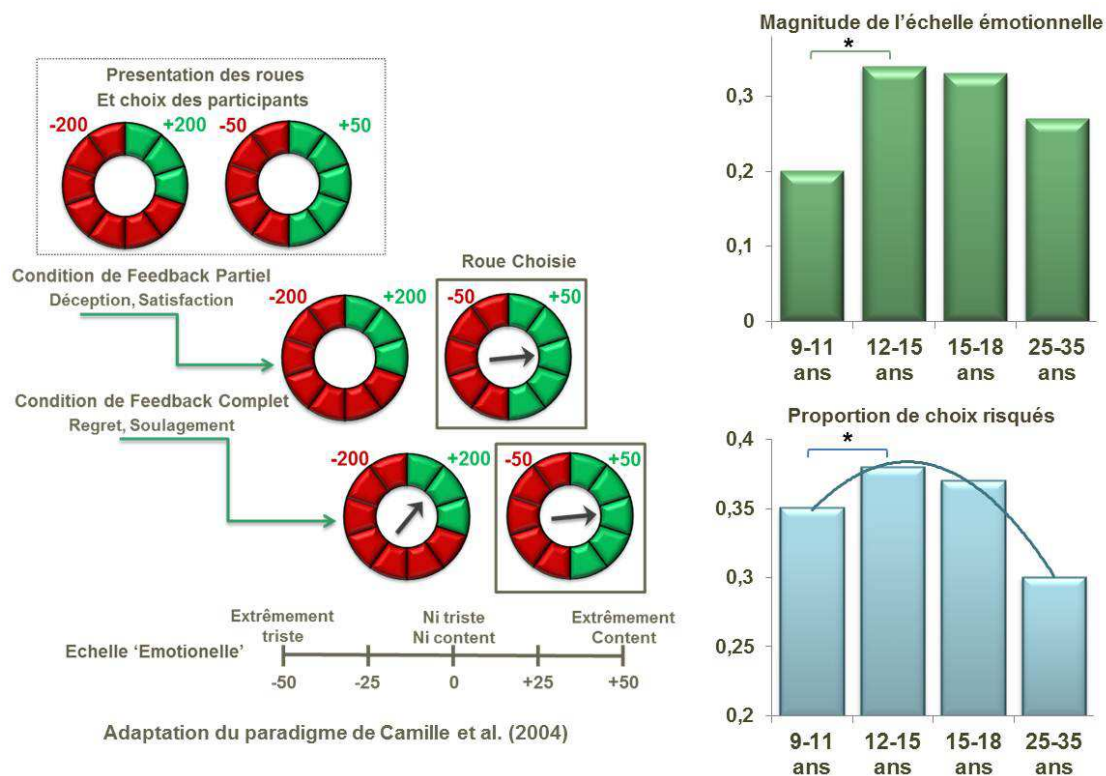


Figure 29 : Le développement du regret et du soulagement a été étudié à l'aide d'une adaptation du paradigme de Camille et al. (2004) chez des participants âgés de 9-11 ans, 12-15 ans, 15-18 ans et 25-35 ans. L'analyse des échelles émotionnelles ne met pas en évidence de développement du regret entre l'enfance et l'âge adulte. Seul le ressenti du soulagement se développerait au cours de l'adolescence. Par ailleurs, les jeunes adolescents (12-15 ans) présentent une prise de risque accrue, qui serait liée à une plus forte sensibilité aux récompenses (d'après Burnett et al., 2010).

### 3. Développement de l'anticipation du regret et influence de cette anticipation sur la prise de décision des enfants et des adolescents

Comme nous l'avons vu dans la première partie de l'introduction, le regret influence la prise de décision chez l'adulte de façon anticipée (Zeelenberg & Pieters, 2007). Il est nécessaire de déterminer à partir de quel âge les enfants sont capables d'anticiper le regret qui



pourrait découler de leur choix, afin de déterminer si cette émotion contrefactuelle peut également influencer la prise de décision des enfants et des adolescents de façon anticipée.

Des enfants âgés de 10 ans et de jeunes adultes ont été chargés d'évaluer différents scénarios présentant un protagoniste hésitant entre deux options : une option appropriée et une option inappropriée en fonction du contexte (décider d'aller au cinéma avec ses amis ou rester étudier en vue de l'examen du lendemain). D'après Amsel, Bowden, Cottrell et Sullivan (2005), une prise de décision compatible avec la « Decision Affect Theory » (Mellers et al., 1997) est basée sur l'acquisition de quatre capacités cognitives. Les participants ont reçu la consigne d'aider le protagoniste dans sa décision sur la base de ces quatre capacités : (i) en générant des alternatives négatives et positives pouvant découler de chaque option, (ii) en anticipant les sentiments associés à chaque option sur une échelle émotionnelle en 7 points, (iii) en ordonnant les résultats possibles associés à chaque option en fonction de leur désirabilité et (iv) en déterminant quels résultats alternatifs sont les pires et lesquels sont les meilleurs en fonction du contexte (Amsel et al., 2005).

Pour chacune de ces capacités, les enfants présentent généralement des comportements similaires à ceux des adultes, les alternatives positives de l'option la plus adéquate étant plus souvent citées que les alternatives négatives de cette option, et plus souvent citées que les alternatives négatives de l'option inadéquate. Par ailleurs, les deux groupes de participants sont capables d'anticiper les sentiments associés à chaque option, de les ordonner en fonction de leur désirabilité et de décider de choisir la meilleure alternative possible. A chaque fois, le biais observé en faveur des alternatives positives associées à l'option adéquate est plus important chez les enfants que chez les adultes.

Ainsi, dans une situation de soutien et de conseil envers un protagoniste, les enfants de 10 ans, comme les adultes, effectuent leur prise de décision en mesurant principalement les alternatives positives associées à chaque option et sont capables de prendre en compte la décision appropriée sur la base de cette évaluation (Amsel et al., 2005).

Ces résultats sont en accord avec ceux d'une autre étude basée sur l'analyse de petits scénarios, qui confirme que l'anticipation du regret associé à différentes alternatives est possible à partir de l'âge de 9-10 ans, mais peu probable avant cet âge (Guttentag & Ferrell, 2008).

Sachant que l'anticipation du regret et sa prise en compte dans la prise de décision sont possibles dès l'âge de 9-10 ans, différents auteurs se sont interrogés sur leur influence dans les conduites à risque à l'adolescence. Comme nous le verrons par la suite, les adolescents présentent des capacités de prise de décision similaires à celles des adultes dans

les tâches expérimentales effectuées en laboratoire, tout en manifestant une plus grande prise de risque dans la vie quotidienne (Albert & Steinberg, 2011; Gardner & Steinberg, 2005; van Duijvenvoorde, Jansen, Visser, & Huizenga, 2010; Van Leijenhorst et al., 2008). La mise en évidence de différences développementales et individuelles dans la régulation des émotions anticipées chez l'adolescent pourrait fournir une explication cohérente à ce paradoxe (Amsel et al., 2005).

Jusqu'à présent, il a été montré que les adolescents les plus à même d'anticiper les conséquences négatives de leurs actes auront moins tendance à s'engager dans des comportements de prise de risque (Galvan, Hare, Voss, Glover, & Casey, 2007). En outre, le fait d'inciter les adolescents à anticiper le regret qu'ils ressentiraient après un comportement risqué pour leur santé – relations sexuelles non protégées ou tabagisme – contribue significativement à réduire leur intention de s'engager dans de tels comportements (Conner, Sandberg, McMillan, & Higgins, 2006; Richard, Van Der Pligt, & De Vries, 1996). Par ailleurs, les adolescents les plus enclins à se focaliser sur l'anticipation du regret et sur l'importance d'éviter les conséquences négatives à long terme des comportements à risque – consommation de drogue, d'alcool, de tabac ou relations sexuelles à risque – présenteront quant à eux moins fréquemment de tels comportements. En revanche, les adolescents présentant une prise de risque élevée sont à la recherche d'une augmentation des états affectifs positifs et d'une diminution des états affectifs négatifs immédiats (Caffray & Schneider, 2000).

Ainsi, les adolescents sont capables d'anticiper le regret qu'ils ressentiraient dans le cas d'une prise de décision inappropriée ou risquée. Pourtant, il existe une grande variabilité interindividuelle dans la capacité à prendre en compte cette émotion lors de la prise de décision. Le contexte socio-émotionnel dans lequel l'adolescent est placé pourrait également influencer la prise en compte de l'anticipation du regret à l'adolescence (Amsel et al., 2005).

## V. En conclusion

Les premières études effectuées en psychologie du développement tendaient à soutenir l'idée d'un développement cognitif linéaire et relativement tardif du hasard et des probabilités. Selon Piaget, ce n'est qu'au stade des opérations formelles, aux alentours de 11-12 ans, que l'enfant aura acquis une véritable intuition des probabilités (Piaget & Inhelder, 1974).

Ces premiers résultats sont remis en question par des études plus récentes, mettant en évidence des compétences précoces (dès l'âge de 4-6 ans) dans l'intuition et la compréhension des probabilités (Reyna & Brainerd, 1995; Schlottmann, 2001). Cependant, les capacités de raisonnement pur ne sont pas seules en jeu dans ce type de tâche, introduisant la possibilité que plusieurs systèmes entreraient en compétition chez l'enfant, de la même façon que chez l'adulte (Reyna, 1995; Reyna & Brainerd, 2011; Reyna & Ellis, 1994).

Un certain nombre d'auteurs s'accordent aujourd'hui à considérer le développement comme une succession de vagues (stratégies plus ou moins dominantes) qui se chevauchent, les heuristiques et les biais qui influencent la prise de décision n'étant pas les mêmes à chaque étape de la vie (Evans, 2011; Houdé, 2011; Jacobs & Klaczynski, 2002; Reyna & Brainerd, 2011). Le développement de la capacité à inhiber une stratégie heuristique joue un rôle clé dans le passage d'un type de raisonnement heuristique à un type de raisonnement analytique (Evans, 2011; Houdé, 2000; 2011).

Il s'agit dès lors de s'interroger sur le développement de la sensibilité aux biais décisionnels, afin de déterminer si les biais observés chez l'adulte existent déjà chez l'enfant, s'ils sont innés ou acquis à travers l'expérience. Les études réalisées jusqu'à présent ont ainsi mis en évidence l'apparition progressive de l'effet du cadre au cours du développement, illustrant la présence de différents types de raisonnements entrant en conflit de façon variée, à différents âges de la vie (Reyna, 1995; Reyna & Brainerd, 2011).

Enfin, le passage d'un raisonnement heuristique à un raisonnement analytique peut-être influencé par la tâche elle-même, mais également – et fortement – par les émotions ou le contexte dans lequel le sujet effectue la tâche. Nous avons vu à ce titre que le contexte socio-émotionnel doit être pris en compte dans la modélisation de la prise de décision chez l'enfant comme chez l'adolescent (Albert & Steinberg, 2011; Casey et al., 2008; Ernst et al., 2006), mais également que certains auteurs postulent l'existence d'un déséquilibre en faveur du système de gestion des récompenses par rapport au système d'évitement des punitions à l'adolescence (Ernst et al., 2006). Si le système de récompenses a été très largement étudié, le système de gestion des punitions, qui influence également la prise de décision et est associé à des émotions négatives, a quant à lui été très peu étudié. Il nous paraît essentiel d'examiner simultanément la réaction aux gains et aux pertes, à travers l'étude du ressenti du regret et du soulagement et de nous intéresser à l'effet d'un contexte socio-émotionnel prégnant sur la gestion des récompenses et des punitions à l'adolescence.

# Objectifs de la thèse

---

La persistance de nombreux biais décisionnels au cours de l'enfance et de l'adolescence a conduit les psychologues à remettre en question les théories normatives de la prise de décision, qui présupposaient que l'être humain effectuait ses choix de façon parfaitement rationnelle (Bernouilli, 1738/1954 ; Pascal, 1670/1974). Cependant, la mise en évidence de compétences précoces chez l'enfant et d'incompétences tardives à l'âge adulte conduit à un paradoxe qui nécessite, selon nous, d'envisager le développement, non pas comme linéaire ou par stades successifs comme Piaget et les néopiagétiens le pensaient (cf. Houdé, 1995; Piaget & Inhelder, 1996), mais plutôt sous l'angle des systèmes dynamiques non linéaires (Siegler, 1999) représentant les multiples stratégies disponibles à toutes les étapes du développement comme une succession de vagues qui, non seulement se chevauchent, mais sont également en compétition, en particulier lors des situations de prise de décision (Houdé, 2011; Siegler, 1999).

De ce point de vue, de l'enfant à l'adulte, les différents modèles présentés dans cette introduction peuvent nous permettre de mieux modéliser la difficulté des choix que les sujets doivent effectuer selon le niveau de développement des stratégies logiques ou heuristiques dont ils disposent à un âge donné et selon le gradient de compétition cognitive suscité par la tâche. En effet, certains modèles visent plus particulièrement à rendre compte des stratégies pièges qui sous-tendent les biais cognitifs de la prise de décision, chez l'adulte, comme chez l'enfant et l'adolescent. C'est le cas des théories du double processus (Evans, 2003; Jacobs & Klaczynski, 2002; Houdé, 2011; Reyna & Brainerd, 2011), qui permettent d'expliquer ce phénomène à travers la présence de deux types de raisonnement distincts, un raisonnement de Type 1, heuristique, intuitif et soumis à l'influence des émotions et un raisonnement de Type 2, analytique et contrôlé, permettant d'aboutir à la logique. Les tenants de ces théories ont alors cherché à déterminer quels étaient les processus sous-tendant l'accès à la logique et la mise en place du Type 2. Les capacités d'inhibition – ou de contrôle cognitif – décrites comme le Type 3 – jouent un rôle crucial dans la résistance aux biais et la mise en place des stratégies de raisonnement logique permettant ainsi l'accès au Type 2 (voir notamment Houdé, 2011, mais aussi Cassotti & Moutier, 2010). En effet, le développement conjoint des stratégies logiques et heuristiques est susceptible d'occasionner de nombreux conflits lorsque

les sujets sont en situation de prise de décision sous incertitude. C'est le développement de la capacité à inhiber certaines stratégies erronées, susceptibles de conduire aux biais, au profit de l'activation de stratégies plus logiques, qui permettra de sélectionner la stratégie la plus adaptée, à toutes les étapes du développement (Evans, 2011; Houdé, 2011; Stanovich et al., 2011).

Par ailleurs, la neuroéconomie a également contribué à renforcer cette idée de compétition entre différents systèmes tout en soulignant l'influence majeure des émotions et du contexte socio-émotionnel sur la prise de décision chez l'adulte (Blanchette & Richards, 2010; Coricelli et al., 2007; De Martino et al., 2006; Houdé et al., 2001; Loewenstein et al., 2001) comme chez l'enfant et l'adolescent (Albert & Steinberg, 2011; Boyer, 2006; Caffray & Schneider, 2000; Steinberg, 2008).

Cependant, les tenants des théories du double processus ont peu étudié l'influence des émotions et du contexte émotionnel sur les réactions aux gains et aux pertes des individus ainsi que sur la prégnance de stratégies heuristiques intuitives ou encore sur le passage d'un type de raisonnement à un autre.

La Prospect Theory (Kahneman & Tversky, 1979) s'est attachée à modéliser les raisons pour lesquelles certains biais décisionnels peuvent survenir, en décrivant une fonction de valeur des gains et des pertes et une fonction de pondération des probabilités. Elle permet ainsi de rendre compte de la sensibilité des individus aux gains et aux pertes, cette sensibilité les conduisant à succomber aux biais décisionnels. Elle correspond ainsi à une modélisation de ce qui est considéré comme le Type 1 dans les théories du double processus. La Prospect Theory, qui a eu le mérite de tenter de déterminer l'influence des gains et des pertes sur la sensibilité aux biais, ne permet toutefois pas de comprendre quels processus permettent le passage d'un raisonnement biaisé à un raisonnement rationnel, et vice versa. Selon nous, il s'agit de coordonner la Prospect Theory aux théories du double processus afin de préciser l'influence des émotions sur la sensibilité aux gains et aux pertes, au cours du développement.

Tout l'enjeu de cette thèse est (i) d'examiner l'influence du contexte socio-émotionnel sur la sensibilité aux gains et aux pertes, de l'enfance à l'âge adulte, (ii) mais également de nous interroger sur la dynamique développementale des Types 1 et 2 et sur l'articulation entre la Prospect Theory et les théories du double processus. Dans ce contexte, la partie expérimentale de cette thèse sera composée de quatre études incluant un total de 254 participants.

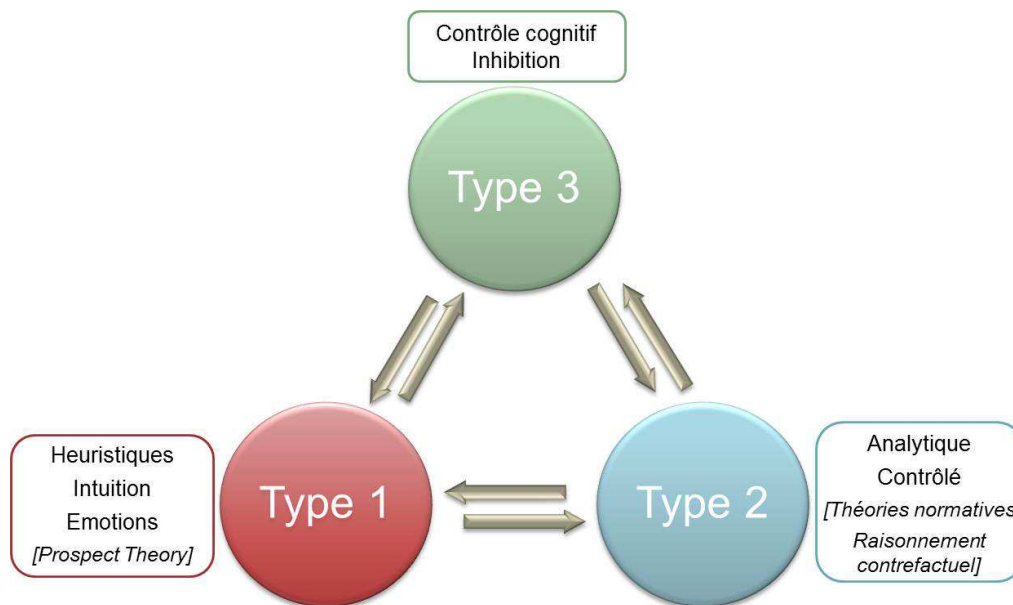


Figure 30 : Les théories du double processus proposent l'existence de systèmes cognitifs distincts sous tendant le raisonnement. Le Type 1, heuristique et intuitif, est guidé par les processus émotionnels et serait à l'origine des biais. Le Type 2, contrôlé et attentionnel, permet quant à lui d'aboutir à la logique (Evans, 2011 ; Stanovich et al., 2011). Enfin, les capacités de contrôle cognitif, décrites comme le Type 3, jouent un rôle crucial dans la résistance au biais afin d'accéder aux stratégies de raisonnement logique (Houdé, 2011). La Prospect Theory (Kahneman & Tversky, 1979) permet de rendre compte de la sensibilité des individus aux gains et aux pertes, les conduisant à succomber aux biais décisionnels. Elle correspond ainsi à une modélisation de ce qui est considéré comme le Type 1 dans les théories du double processus. Des interactions existent entre le Type 1 et le Type 2 de raisonnement, mais également entre ces deux types de raisonnement et les capacités de contrôle cognitif.

L'un des exemples de biais les plus connus, résultant d'une compétition entre le Type 1 et le Type 2 de raisonnement, est l'effet du cadre de présentation (Tversky & Kahneman, 1981). Ce biais décisionnel, qui conduit les individus à être systématiquement influencés par la façon de formuler les options, serait un biais d'ordre émotionnel lié à une heuristique affective selon laquelle les gains certains sont particulièrement attractifs, alors que les pertes certaines sont particulièrement aversives (De Martino et al., 2006; Kahneman & Frederick, 2007). Cependant, les résultats contradictoires obtenus concernant cette hypothèse (Talmi et al., 2010) soulignent la nécessité de mettre en place de nouvelles études afin de préciser de quelle façon les émotions interviennent dans la sensibilité à l'effet du cadre. Tout l'enjeu pour la psychologie du développement et les neurosciences cognitives est alors de préciser, à l'aide de nouvelles études expérimentales, de quelle façon les émotions interviennent dans la sensibilité à l'effet du cadre.

Ainsi, afin de mieux comprendre l'influence que peuvent avoir les émotions sur le Type 1 (heuristique) de raisonnement et sur la sensibilité aux gains et aux pertes, nous nous intéresserons dans un premier temps à l'influence d'un contexte émotionnel incident sur la sensibilité à l'effet du cadre à l'âge adulte, puis à l'adolescence (cf. Figure 31, ci-dessous). Nous chercherons à déterminer si l'effet du cadre est un biais d'origine émotionnelle, et plus

précisément si un contexte émotionnel incident positif ou négatif module l'aversion aux pertes ou l'aversion au risque et donc la sensibilité à l'effet du cadre à l'âge adulte. Par ailleurs, nous nous demanderons si des émotions négatives spécifiques peuvent avoir un impact opposé sur cette sensibilité. Enfin, nous chercherons à déterminer comment un contexte émotionnel positif module la sensibilité à l'effet du cadre à l'adolescence, en fonction de l'enjeu.

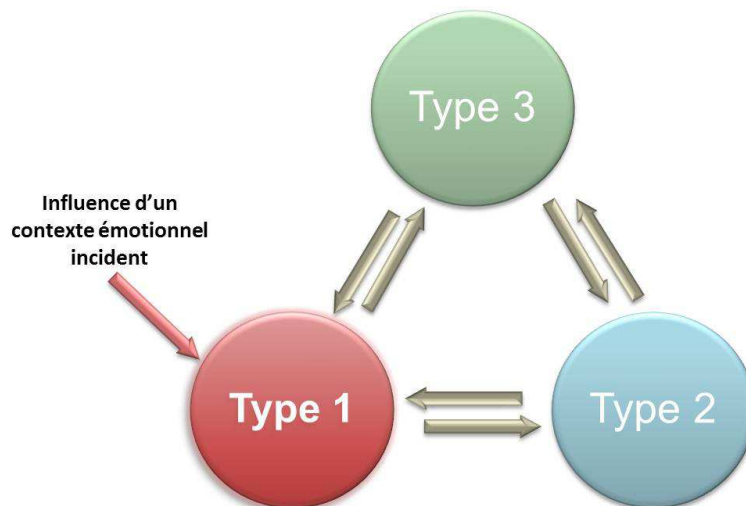


Figure 31 : Afin de mieux comprendre l'influence que peuvent avoir les émotions sur le Type 1 de raisonnement et sur la sensibilité aux gains et aux pertes, nous nous intéresserons dans un premier temps à l'influence d'un contexte émotionnel incident sur la sensibilité à l'effet du cadre à l'âge adulte, puis à l'adolescence.

L'objectif général de notre première étude sera d'étudier l'impact d'un contexte émotionnel incident positif ou négatif sur la sensibilité à l'effet du cadre chez l'adulte. Pour ce faire, dans une première partie expérimentale, nous utiliserons un paradigme adapté de la tâche de De Martino et al. (2006), basé sur la présentation d'images à valence positive ou négative (plaisantes ou non plaisantes) au début de chaque essai. Ce premier volet expérimental devrait fournir des arguments cruciaux confirmant – ou infirmant – l'hypothèse selon laquelle l'effet du cadre serait un biais d'ordre émotionnel. Ensuite, une seconde partie expérimentale complémentaire examinera l'influence d'émotions négatives spécifiques sur la prise de décision et la sensibilité des adultes à l'effet du cadre. Pour ce faire, nous utiliserons des photographies de visages présentant des expressions de colère et de peur, qui seront visualisées par les participants au début de chaque essai. Sous l'angle de la Prospect Theory, nous tenterons alors de modéliser l'influence de ces différents contextes émotionnels incidents sur la fonction de valeur et sur la sensibilité aux gains et aux pertes.

Par ailleurs, peu d'études se sont intéressées à l'examen de la sensibilité à l'effet du cadre au cours de l'adolescence, bien que cette période soit considérée comme critique en terme de prise de risque (Albert & Steinberg, 2011; Ernst et al., 2006; Van Leijenhorst et al.,



2010). L'adolescence est une période sensible au cours de laquelle la prise de risque est accrue et la considération du contexte socio-émotionnel très importante. La prise en compte de ce contexte est nécessaire à la compréhension du paradoxe d'un adolescent logiquement compétent du point de vue de l'estimation des risques, mais qui s'engage néanmoins plus fréquemment que l'adulte et l'enfant dans des conduites de prise de risque (Albert & Steinberg, 2011; Caffray & Schneider, 2000). D'après certains modèles (Casey et al., 2006 ; Galvan et al., 2006), cette prise de risque serait liée à une sensibilité accrue aux gains, résultant d'une immaturité neurale du système de contrôle cognitif par rapport au système émotionnel. Cette tendance s'observe particulièrement lorsque le contexte socio-émotionnel est prégnant (Chein et al., 2011). Enfin, d'après Ernst et al. (2006), il existerait un déséquilibre entre le système de gestion des pertes (ou système d'évitement) et le système de gestion des gains, en faveur de ce dernier, ce qui expliquerait la prégnance des comportements de prise de risque à l'adolescence.

Ainsi, une deuxième étude expérimentale examinera la sensibilité à l'effet du cadre chez des adolescents âgés de 12 à 14 ans et l'effet spécifique d'un contexte émotionnel positif sur celle-ci. Sachant que les adolescents présentent des résultats différents en fonction de l'ampleur de la somme mise en jeu (Reyna et al., 2011), nous étudierons la sensibilité aux gains, aux pertes et à l'effet du cadre pour chaque niveau de résultat en jeu. Cette étude devrait nous permettre de déterminer si l'effet du cadre est également lié à une heuristique émotionnelle à l'adolescence.

Dans un troisième temps, nous nous intéresserons simultanément au système de gestion des gains et au système de gestion des pertes, ce dernier ayant été le moins étudié. Pour ce faire, nous induirons chez les participants deux émotions intégrales au processus de prise de décision, l'une négative, l'autre positive : le regret et le soulagement. Nous examinerons le développement du ressenti de ces deux émotions, dite « contrefactuelles », car elles reposent sur une comparaison entre ce qui est advenu (le factuel) et ce qui aurait pu advenir si le sujet avait effectué un choix différent (le contrefactuel), et sont à ce titre en lien avec le raisonnement contrefactuel (Byrne, 2002; Ritov, 1996; Zeelenberg & van Dijk, 2005). Le regret survient lorsque cette comparaison est défavorable au sujet, alors que le soulagement est son inverse (van Dijk & Zeelenberg, 2005). En outre, le regret est une émotion hautement adaptative, que les individus vont s'efforcer d'éviter, recherchant le sentiment de soulagement (Mellers et al., 1999; Zeelenberg & Pieters, 2007). Si les émotions sont souvent labellisées comme provenant du Type 1, le regret et le soulagement sont des émotions cognitives, reposant sur une comparaison, qui sont suscitées par le Type 2 mais

peuvent avoir une influence sur le Type 1. Ces émotions résultent d'une modification de la courbe de valeur des gains et des pertes de la Prospect Theory, la découverte du résultat alternatif modulant très fortement le ressenti émotionnel des individus (cf. Figure 11, p. 47). De plus, elles peuvent conduire les individus à moduler fortement l'appréciation de leurs décisions, le ressenti du regret les incitant à reconsidérer la pertinence de leur choix tandis que le ressenti du soulagement faciliterait au contraire la consolidation de celui-ci.

Dans une troisième partie expérimentale, nous examinerons simultanément la réaction aux gains et aux pertes, à travers l'examen du développement du regret et du soulagement. Nous avons alors conçu une nouvelle tâche de prise de décision à risque, adaptée des travaux de Camille et al. (2004) pour des enfants (10-12 ans), des adolescents (13-15 ans) et des adultes (18-24 ans). Nous utiliserons à la fois une échelle émotionnelle et une échelle de reconsidération des choix afin d'évaluer le ressenti du regret et du soulagement, mais également leur impact sur la volonté des individus de reconsidérer ou de maintenir leur choix (cf. Figure 32, ci-dessous). L'intérêt de cette double évaluation est de nous permettre d'étudier la trajectoire développementale du ressenti du regret et du soulagement et les effets de ces émotions contrefactuelles sur la volonté des individus de reconsidérer les choix effectués. En effet, certaines études ayant mis en évidence une dissociation entre le ressenti des émotions et l'ajustement comportemental adéquat chez les enfants, il nous semble essentiel de déterminer s'il existe une telle dissociation entre le ressenti des émotions contrefactuelles et la reconsidération du choix chez les participants les plus jeunes.

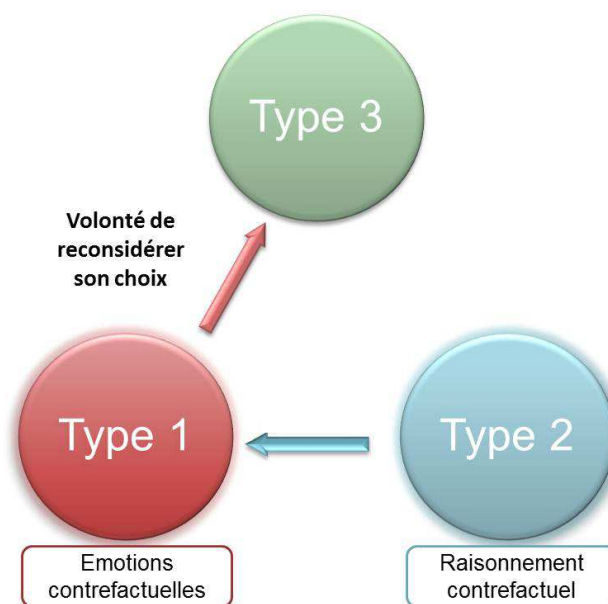


Figure 32 : Le regret et le soulagement sont des émotions cognitives reposant sur une comparaison, qui sont suscitées par le Type 2 mais peuvent avoir une influence sur le Type 1. Nous nous interrogerons sur le pattern

développemental du regret et du soulagement de l'enfance à l'âge l'adulte et sur leur influence dans la volonté des individus de reconsidérer leur choix.

Enfin, à travers l'étude de ces émotions, nous nous intéresserons à l'effet d'un contexte socio-émotionnel prégnant sur le ressenti du regret social et du soulagement social au cours du développement. Les patterns développementaux du ressenti du regret et du soulagement pourraient en effet être modulés par un contexte socio-émotionnel prégnant – tel que la compétition – par rapport à une situation de jeu individuel. Amsel et al. (2005) postulent notamment que la présence d'un tel contexte socio-émotionnel biaiserait l'évaluation rationnelle du regret à l'adolescence. Les adolescents semblent plus sensibles aux récompenses que les enfants et les adultes (Van Leijenhorst et al., 2008) et, en particulier, lors de situations mettant un jeu un contexte socio-émotionnel fort, pour lesquelles le système de gestion des récompenses (ou système motivationnel) tend à prévaloir sur le système de contrôle cognitif (Albert & Steinberg, 2011; Casey et al., 2008). De façon intéressante, Ernst et al. (2006) ont postulé que l'activité du système motivationnel prévalait sur celle du système d'évitement des punitions à l'adolescence, tandis que le système de contrôle cognitif encore immature échouerait à équilibrer ces deux systèmes.

Dans cette dernière étude expérimentale, nous nous intéresserons à l'influence d'un contexte socio-émotionnel de compétition sur le développement du ressenti du regret et du soulagement social, chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte. Nous définirons le regret social comme le sentiment que l'on éprouve lorsque l'on a manqué une opportunité alors que notre concurrent l'a saisie ; et le soulagement social comme son inverse. Nous utiliserons un paradigme adapté du paradigme utilisé dans la troisième expérience, afin de mettre en place un contexte de compétition vis-à-vis d'un camarade de classe. Cette étude aura pour objectif d'examiner l'influence d'un contexte socio-émotionnel fort sur la modulation du ressenti du regret et du soulagement social et sur la gestion du système de gain et du système de perte au cours du développement.

Tableau 2 : Tableau récapitulant les principales questions de recherches qui seront posées dans notre partie expérimentale.

Synthèse des principales questions de recherche	
<b>Etude 1a</b>	<p>L'effet du cadre est-il un biais d'origine émotionnelle ?</p> <p>Un contexte émotionnel incident positif ou négatif peut-il moduler l'aversion aux pertes et la sensibilité à l'effet du cadre à l'âge adulte ?</p>
<b>Etude 1b</b>	Des émotions négatives spécifiques (colère et peur) peuvent-elles avoir un impact opposé sur cette sensibilité ?
<b>Etude 2</b>	Un contexte émotionnel incident positif peut-il moduler la sensibilité à l'effet du cadre à l'adolescence ?
<b>Etude 3</b>	<p>Comment le ressenti du regret et du soulagement se développe-t-il, chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte ?</p> <p>Ces émotions contrefactuelles influencent-elle de la même façon la volonté de reconsidérer un choix initial quel que soit l'âge ?</p>
<b>Etude 4</b>	Comment un contexte socio-émotionnel prégnant (de compétition) module-t-il le ressenti du regret social et du soulagement social, ainsi que la volonté de reconsidérer son choix, de l'enfance à l'âge adulte ?

# Partie Expérimentale

---

# Etude 1a – Les émotions incidentes positives peuvent-elles nous aider à éliminer la sensibilité à l'effet du cadre ?

---

## Cette étude a fait l'objet d'une publication :

Cassotti, M., **Habib, M.**, Poirel, N., Aïte, A., Houdé, O., & Moutier, S. (in press). Positive emotional context eliminates the framing effect in decision-making. *Emotion*. doi:10.1037/a0026788.

## Résumé

*L'effet du cadre est un biais décisionnel classique, conduisant les individus à être systématiquement influencés par la façon de formuler les options. Les théories du double processus suggèrent que les émotions jouent un rôle central dans la sensibilité à l'effet du cadre. Pourtant, peu d'études ont cherché à déterminer l'impact d'un contexte émotionnel positif ou négatif sur la sensibilité à ce biais. Dans cette étude, nous avons manipulé le contexte émotionnel par l'intermédiaire d'images à valences négative ou positive afin d'explorer son influence dans une épreuve où les options pouvaient être formulées en termes de gain ou de perte, tout en étant équivalentes du point de vue mathématique. Au début de chaque essai, une photo à forte valence émotionnelle (positive ou négative) était présentée (des photos plaisantes ou déplaisantes). Puis, les participants devaient effectuer une tâche de prise de décision financière à risque, sans lien avec les photos présentées. Les résultats obtenus montrent que la présentation des options en termes de gains ou de pertes n'affecte plus la prise de décision des participants soumis à un contexte émotionnel positif. De façon intéressante, ce contexte émotionnel positif n'affecte pas la prise de risque des individus de façon globale, mais contribue spécifiquement à réduire la propension au risque dans le cadre de perte. Ce résultat confirme l'impact d'un contexte émotionnel positif sur la réduction de l'aversion aux pertes et renforce l'hypothèse selon laquelle l'effet du cadre serait le reflet d'une heuristique affective, dépendante d'un traitement de Type 1 intuitif.*

## Introduction

Les modèles normatifs de la prise de décision supposent que les décideurs effectuent leurs choix sur une base strictement rationnelle. Les individus devraient en particulier respecter le principe d'invariance descriptive, selon lequel les préférences ne doivent pas être influencées par la formulation des options (Trepel et al., 2005). Pourtant, de nombreuses études ont montré que les individus dévient des prédictions de ces théories rationnelles (Cassotti & Moutier, 2010; De Martino et al., 2006; Reyna & Ellis, 1994; Tversky & Kahneman, 1981).

A cet égard, l'effet du cadre de présentation est l'un des biais décisionnels les plus robustes, qui consiste en une violation du principe d'invariance descriptive (Tversky & Kahneman, 1981). Il conduit les participants à être systématiquement influencés par la façon de formuler les options. Ainsi, lorsque deux options sont formulées en termes de gains, les individus sont « aversifs au risque », privilégiant un gain sûr à un gain probable de même valeur espérée. Au contraire, lorsque deux options sont formulées en termes de pertes, les individus deviennent « preneurs de risque », privilégiant une perte incertaine à une perte certaine.

Différentes études tendent à soutenir l'hypothèse selon laquelle il existerait une opposition entre deux types de rationalités, sous-tendues par des mécanismes cognitifs distincts (De Martino et al., 2006; Evans, 2008, 2011; Kahneman & Frederick, 2007; Talmi et al., 2010). D'après ces théories, dites du double processus, le traitement de Type 1 est intuitif et rapide, indépendant de la charge en mémoire de travail et peut être influencé par les émotions. Le traitement de Type 2 résulte de processus réfléchis, il est plus lent, de faible capacité et fortement dépendant de la charge en mémoire de travail (De Neys, 2006). D'après Kahneman et Frederick (2007), l'effet du cadre est un biais d'ordre émotionnel, dépendant du Type 1 et reposant sur une heuristique affective selon laquelle les gains certains sont particulièrement attractifs, alors que les pertes certaines sont particulièrement aversives (voir également Bechara & Damasio, 2005).

En accord avec cette hypothèse heuristique et affective, différentes études ont mis en évidence l'implication de régions cérébrales dédiées aux processus émotionnels, comme l'amygdale, dans la sensibilité à l'effet du cadre (Bechara & Damasio, 2005; Bechara et al., 1999; Trepel et al., 2005). De Martino et al. (2006) ont ainsi mis au point une tâche de prise de décision financière afin d'explorer les bases cérébrales de la sensibilité et de la résistance à l'effet du cadre. Dans cette tâche, les participants doivent effectuer un choix entre une option



sûre et une option risquée, décrites en termes de gains ou de pertes. En accord avec les théories du double processus, postulant l'existence d'une heuristique affective sous-tendant la sensibilité à l'effet du cadre, cette étude révèle une activation importante de l'amygdale lorsque les participants choisissent l'option risquée dans le cadre de perte et l'option sûre dans le cadre de gain. En termes psychologiques, ce résultat suggère qu'une perte certaine implique une plus forte réponse émotionnelle qu'une perte probable, conduisant les participants à la prise de risque. Les résultats comportementaux soulignent quant à eux une grande variabilité interindividuelle, concernant la sensibilité à l'effet du cadre, ce qui n'est pas prédit par l'activation de l'amygdale. Cette grande variabilité leur a permis de mettre en évidence une corrélation significative entre l'absence de sensibilité à l'effet du cadre (à travers le calcul d'un indice de rationalité) et l'activation du cortex orbitofrontal et du cortex ventromédian. Ce résultat tend à confirmer l'hypothèse selon laquelle la résistance à ce biais décisionnel repose sur la capacité à inhiber une réponse émotionnelle intuitive de Type 1.

De Martino et al. (2010) ont étudié la sensibilité à l'effet du cadre chez des patients atteints de lésions focales bilatérales de l'amygdale et confirment le rôle clé de cette structure dans l'aversion aux pertes ressentie par les individus. Enfin, De Martino, Harrison, Knafo, Bird et Dolan (2008) ont mis en évidence une conductance cutanée distincte dans le cadre de gain par rapport au cadre de perte, soulignant la différence de réactivité émotionnelle entre les deux types de formulation.

Si différentes études appuient l'hypothèse selon laquelle l'effet du cadre serait un biais d'ordre émotionnel sous-tendu par l'activité de l'amygdale, des données plus récentes soutiennent l'hypothèse inverse. En effet, Talmi, et al. (2010) ont étudié la sensibilité à l'effet du cadre chez deux patients atteints d'une pathologie entraînant une dégénérescence de l'amygdale. Bien que ces patients présentent une plus grande propension à la prise de risque par rapport aux sujets contrôles, ils présentent un effet du cadre intact. Ces résultats sont en accord avec l'hypothèse d'une implication plus générale de l'amygdale dans la prise de risque des individus. Par ailleurs, certains patients atteints de lésions du cortex orbitofrontal sont parfois plus rationnels que des individus sains, dans des tâches de prise de décision économique ou de jugement moral (Koenigs et al., 2007; Shiv, Loewenstein, Bechara, Damasio, & Damasio, 2005).

Les résultats contradictoires obtenus dans les études citées ci-dessus soulignent la nécessité de mettre en place de nouvelles expérimentations afin de préciser le rôle des processus émotionnels dans la sensibilité à l'effet du cadre. Nous connaissons en effet peu de choses sur l'impact potentiel d'un contexte émotionnel, et de sa valence – positive ou négative

– sur ce biais décisionnel. L'étude de l'influence précise des émotions sur la sensibilité à l'effet du cadre fournirait des arguments expérimentaux confirmant – ou non – l'hypothèse d'une compétition entre deux types de raisonnement conduisant à des biais décisionnels. En effet, si la sensibilité à l'effet du cadre est sous-tendue par une heuristique affective dépendant du Type 1, la présence d'un contexte émotionnel modulerait la sensibilité à ce biais.

Les études qui se sont penchées sur l'influence spécifique des émotions ont montré que des émotions incidentes, telle qu'une humeur positive, peuvent conduire les participants à des comportements d'aversion au risque, en particulier lorsque les sommes en jeu sont élevées (Blanchette & Richards, 2010; Isen & Geva, 1987; Isen & Patrick, 1983). Pourtant, l'étude d'interactions spécifiques entre un contexte émotionnel positif et l'effet du cadre a été négligée. Concernant l'impact d'un contexte émotionnel négatif, Harley et Sanfey (2007) ont montré que la tristesse incidente induit une plus faible acceptation des offres monétaires injustes dans une tâche de prise de décision telle que « l'ultimatum game ». Les individus soumis à un contexte émotionnel négatif se focaliseraient plus sur les conséquences négatives des alternatives, alors qu'un contexte émotionnel positif aurait l'effet contraire. Cependant, dans ce type de tâche, le contexte émotionnel positif n'a aucun impact sur la prise de décision des individus. Enfin, des études plus récentes ont montré que des émotions négatives différentes, bien qu'ayant la même valence, peuvent conduire à des patterns de prise de risque opposés (Lerner & Keltner, 2000, 2001; Raghunathan & Pham, 1999).

L'objectif de cette étude est d'étudier l'impact potentiel d'un contexte émotionnel incident positif et négatif sur la sensibilité à l'effet du cadre. Pour ce faire, nous avons mis au point un paradigme basé sur la présentation d'images à valence positive ou négative (plaisantes ou non plaisantes) sans lien avec la tâche, au début de chaque essai. Nous avons utilisé une adaptation française de la tâche de De Martino et al. (2006), dans laquelle le contexte émotionnel a été induit à l'aide de photographies standardisées issues de l'« International Affective Picture System » (IAPS : Lang, Bradley & Cuthbert, 2008).

Deux hypothèses ont été formulées sur la base des études antérieures (Blanchette & Richards, 2010; Harlé & Sanfey, 2007). Si un contexte émotionnel positif tend à augmenter la focalisation sur les gains potentiels, on s'attend à ce que l'impact affectif d'une perte sûre soit réduit dans le cadre de perte, conduisant les participants à choisir plus fréquemment l'option sûre (de perte certaine). On s'attend également à ce que la tendance à préférer l'option risquée dans le cadre de perte diminue, conduisant ainsi à une réduction de l'effet du cadre. En revanche, si un contexte émotionnel négatif tend à augmenter la focalisation sur les pertes

potentielles, l'impact des pertes sûres devrait augmenter, conduisant à une augmentation des choix risqués dans le cadre de perte.

## Méthodologie

### Participants

57 participants ont été recrutés à l'Institut de Psychologie de l'Université Paris Descartes ( $M = 20.8$  ans,  $\sigma = 3.21$ ) parmi les étudiants de Licence. Les participants ont été répartis aléatoirement en trois groupes expérimentaux : le premier groupe a été confronté à un contexte émotionnel positif ( $n = 19$ ), le deuxième groupe a été confronté à un contexte émotionnel négatif ( $n = 19$ ) et le troisième groupe n'a été confronté à aucun contexte émotionnel (groupe contrôle,  $n = 19$ ).

### Procédure

Les sujets ont effectué une tâche informatisée, adaptée de celle de De Martino et al. (2006), composée de deux blocs de 25 essais, d'une durée de 5 à 7 minutes chacun, avec une possibilité de pause entre les deux blocs.

Au début de chaque essai, les participants recevaient une somme d'argent fictive sous forme de billet de « Monopoly » (par exemple, « tu reçois 50 € »). Cinq sommes de départ différentes étaient proposées aux participants, pendant 2500 millisecondes (ms). Puis, une photo à forte valence émotionnelle issue de l'IAPS était présentée pendant 5000 ms. Au total, 100 photographies issues de l'IAPS ont été sélectionnées. L'IAPS est une base de données standardisée de photographies ayant été évaluées sur la base de leur valence émotionnelle. Les photographies ont été sélectionnées en fonction de leur valence<sup>4</sup> : positive (photographie agréable) ou négative (photographie désagréable). La valeur de la valence entre les deux types de photographies était significativement différente (positives :  $7,73 \pm 0,07$ , négatives :  $2,54 \pm 0,14$ ,  $t = 75,21$ ,  $p < .0001$ ). Les photographies de l'IAPS (d'une dimension de 1024 pixels de large x 768 pixels de haut) ont été présentées au centre de l'écran d'un ordinateur de 15 pouces. La distance entre le participant et l'ordinateur était généralement de 60 cm.

---

<sup>4</sup> Les numéros des photos IAPS utilisées dans cette études étaient les suivants : désagréables : 9480, 9630, 3301, 2352.2, 2900.1, 9520, 2095, 9252, 2753, 1220, 2800, 1052, 9400, 2455, 9921, 2710, 9584, 6570.1, 1050, 9433, 2710, 9584, 5971, 9570, 3350, 1111, 9220, 9341, 9000, 3005.1, 7380, 3064, 9635.1, 7361, 9530, 2053, 2278, 6313, 2703, 9470, 3015, 9253, 9001, 9040, 1274, 9592, 9910, 3010, 2590, 9410; agréables : 5836, 2360, 2550, 1610, 2660, 8501, 5831, 8190, 2332, 2150, 1441, 7502, 1460, 1540, 8461, 5833, 2340, 1340, 2224, 1750, 2154, 5760, 2091, 2260, 8420, 2070, 2057, 5621, 7330, 2040, 1500, 8380, 1710, 2370, 5910, 1920, 4641, 8496, 2050, 1440, 2530, 7200, 1590, 2209, 2598, 2071, 2540, 2165, 2080, 8350.

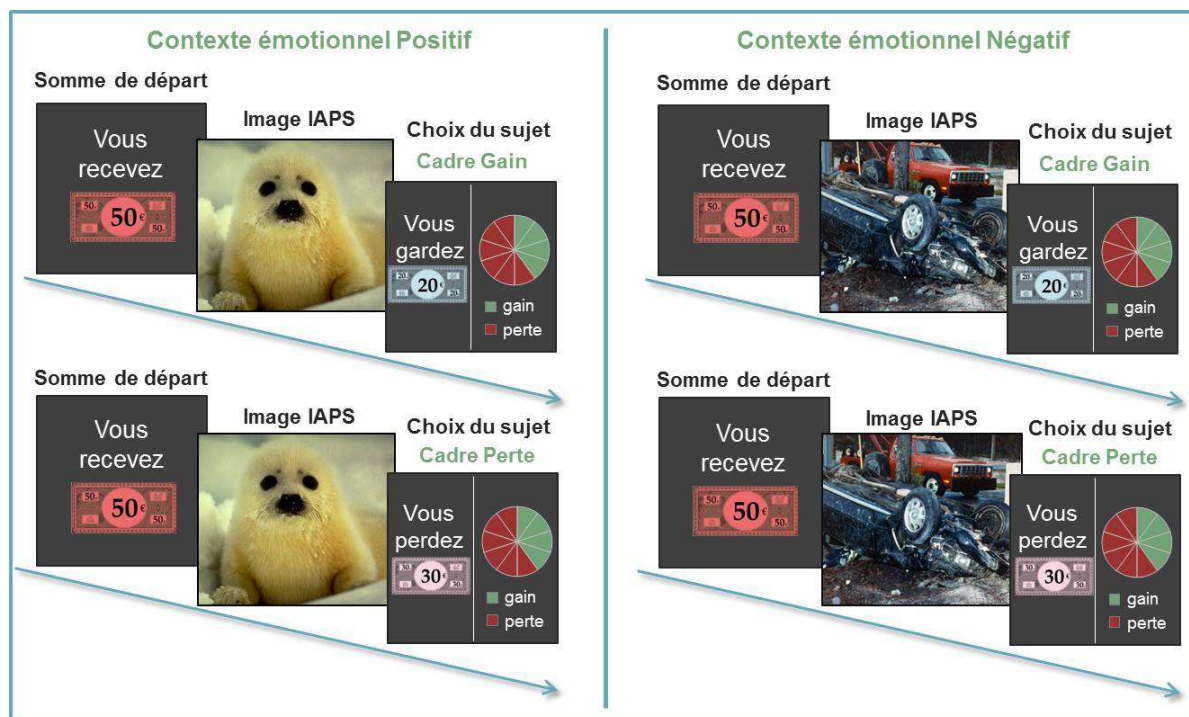


Figure 33 : Exemple d’essais présentés en cadre de gain et en cadre de perte, dans la condition de contexte émotionnel négatif et dans la condition de contexte émotionnel positif. A chaque essai, les participants recevaient une somme d’argent comprise entre 10€ et 50€. Puis, une photographie sans relation avec la tâche était présentée aux participants (une image agréable dans le contexte émotionnel positif et une image désagréable dans le contexte émotionnel négatif). Enfin, les participants devaient effectuer un choix entre une option risquée, représentée par une roue de la fortune et une option sûre (permettant de garder une partie de la somme initiale en cadre de gain et de perdre une partie de la somme initiale en cadre de perte). A chaque essai, la valeur espérée des deux options était la même et les deux conditions (cadre de gain vs. cadre de perte) étaient mathématiquement équivalentes.

Les participants avaient pour consigne de choisir entre une option sûre et une option risquée en appuyant sur l’une des deux touches d’une souris. Chaque option était formulée en termes de gain ou de perte et la passation des essais en cadre de gain ou de perte était randomisée (cf. Figure 33, ci-dessus). Lorsque le choix était formulé en termes de gain, les participants avaient le choix entre une option sûre (*garder* une partie de la somme initiale) et une option risquée (représentée par une roue de la fortune, aboutissant soit à une perte de l’ensemble de la somme, soit à un gain de l’ensemble de cette somme). Lorsque le choix était formulé en termes de perte, les participants avaient également le choix entre une option sûre (*perdre* une partie de la somme initiale) et l’option risquée (la roue de la fortune). A chaque essai, la valeur espérée des deux options était la même et les deux conditions (cadre de gain vs. cadre de perte) étaient mathématiquement équivalentes. La procédure utilisée pour les gains était équivalente à celle utilisée pour les pertes, mais l’expression « vous gardez » était remplacée par l’expression « vous perdez ».

Le montant initial attribué aux participants au début de chaque essai était de 10€, 20€, 30€, 40€ ou 50€ sous la forme de billets de Monopoly. Pour chaque somme de départ et pour

chaque cadre, 5 essais étaient effectués dont les probabilités de gain étaient égales à 30%, 40%, 50%, 60% et 70%, aboutissant à un total de 50 essais (25 essais en cadre de gain et 25 essais en cadre de perte) dont l'ordre de présentation était randomisé. L'ensemble des informations – probabilités, résultats et cadre de présentation (gain ou perte) – était disponible à chaque essai. Ainsi, toutes les informations pertinentes à la prise de décision étaient disponibles pour les participants au moment d'effectuer leur choix.

En résumé, chaque essai se déroulait selon la séquence suivante (cf. Figure 33, ci-dessus) : après avoir reçu une somme de départ sous la forme d'un billet de Monopoly, une image IAPS était présentée durant 5000 ms (une image agréable en contexte positif et une image désagréable en contexte négatif). Puis, le participant devait effectuer un choix entre une option risquée, représentée par une roue de la fortune et une option sûre (permettant de garder une partie de la somme initiale en cadre de gain ou de perdre une partie de la somme initiale en cadre de perte). Dans le groupe contrôle, le déroulement des essais était similaire à celui-ci, mais les images IAPS n'étaient pas présentées.

## Résultats

Afin d'étudier l'influence du contexte émotionnel et du cadre de présentation sur le pourcentage d'essais au cours desquels les participants effectuaient un choix risqué, nous avons réalisé une analyse de variance (ANOVA) à mesures répétées suivant le plan 3 Contextes émotionnels (négatif, contrôle et positif) x 2 Cadres (Gain et Perte). Cette analyse a mis en évidence un effet principal du cadre,  $F(1, 54) = 22,92$ ,  $p < .0001$ , indiquant que les participants effectuaient plus souvent un choix risqué dans le cadre de perte par rapport au cadre de gain,  $M = 51\%$  et  $\sigma = 19$  dans le cadre de perte et  $M = 41\%$  et  $\sigma = 21$  dans le cadre de gain (cf. Figure 34, ci-dessous). Aucun effet principal du contexte émotionnel n'a été mis en évidence,  $F < 1$ . Enfin, l'ANOVA a révélé une interaction significative entre le contexte émotionnel et le cadre,  $F(2,54) = 6,13$   $p < .005$ .

Les comparaisons post-hoc réalisées à l'aide du test HSD de Tuckey (Honestly significant difference) pour étudier cette interaction indiquent que les participants du groupe contrôle et du groupe soumis à un contexte émotionnel négatif présentent un effet du cadre classique. Les participants de ces groupes choisissent majoritairement l'option risquée dans le cadre de perte, alors qu'ils choisissent majoritairement l'option sûre dans le cadre de gain, pour le groupe contrôle :  $M = 54\%$  et  $\sigma = 18$  dans le cadre de perte et  $M = 37\%$  et  $\sigma = 17$  dans le cadre de gain,  $p = .05$ ,  $d = 0,97$  ; pour le groupe soumis au contexte négatif :  $M = 43$  et  $\sigma =$

23 dans le cadre de gain et  $M = 56$  et  $\sigma = 22$  dans le cadre de perte,  $p = .0005$ ,  $d = 0,58$ . En revanche, les participants soumis à un contexte émotionnel positif choisissent aussi souvent l’option risquée dans le cadre de gain que dans le cadre de perte,  $M = 42\%$ ,  $\sigma = 22$  et  $M = 43\%$ ,  $\sigma = 18$ , respectivement,  $p < .10$ , indiquant que ces participants ne sont pas sensibles à l’effet du cadre (cf. Figure 34, ci-dessous). De plus, les participants soumis au contexte émotionnel positif sont plus aversifs au risque dans le cadre de perte que les participants des deux autres groupes,  $F(1,54) = 5,54$ ,  $p < .05$ ,  $d = .61$  ( $F(1,54) = 4,80$ ,  $p < .05$ ,  $d = .65$  pour le groupe soumis au contexte émotionnel négatif et  $F(1,54) = 3,56$ ,  $p = .06$ ,  $d = .61$  pour le groupe contrôle), alors qu’aucune différence significative n’a été mise en évidence dans le cadre de gain.

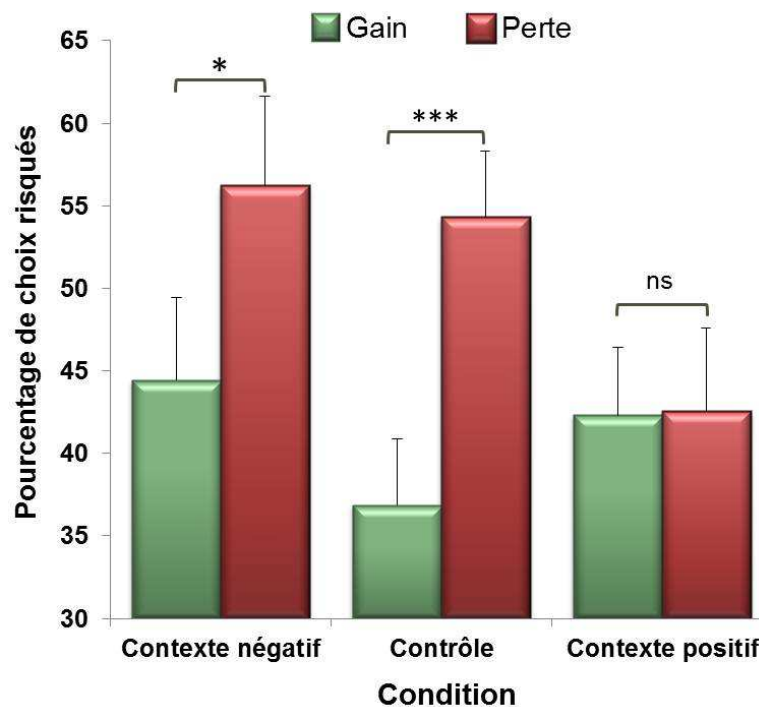


Figure 34 : Pourcentage d’essais pour lesquels les participants choisissent l’option risquée, pour chaque contexte émotionnel (négatif, contrôle, positif) et chaque cadre de présentation (gain ou perte) (\*  $p < .05$ , \*\*\*  $p < .005$ , ns non significatif).

L’ANOVA à mesures répétées effectuée sur la base des temps de réaction suivant le plan 3 Contextes émotionnels x 2 Cadres n’a révélé aucun effet principal du contexte émotionnel ou du cadre,  $F < 1$ , ni aucun effet d’interaction entre les deux variables,  $F < 1$ , suggérant que les temps de réaction ne sont pas affectés par la manipulation du cadre ou du contexte émotionnel.



## Discussion

L'objectif de cette étude était d'explorer l'impact d'un contexte émotionnel sur la sensibilité à l'effet du cadre au cours d'une tâche de prise de décision financière à risque. Trois résultats principaux ressortent de cette étude : (i) les participants soumis à la condition contrôle (sans contexte émotionnel) et à la condition présentant un contexte émotionnel négatif présentent un effet du cadre standard, (ii) l'effet du cadre disparaît suite à la présentation d'un contexte émotionnel positif et (iii) le contexte émotionnel positif n'influence pas la prise de risque de façon globale mais contribue à diminuer la propension à la prise de risque dans le cadre de perte spécifiquement.

Le groupe contrôle présente un effet du cadre standard, conduisant à privilégier l'option sûre en cadre de gain et l'option risquée en cadre de perte, ce qui constitue une réplification des résultats obtenus dans plusieurs études antérieures (De Martino et al., 2006; Tversky & Kahneman, 1981). En accord avec les résultats obtenus par De Martino et al. (2006) dans une étude d'imagerie cérébrale fonctionnelle, les termes « garder » et « perdre » utilisés dans cette étude semblent évoquer à la fois une réponse émotionnelle et une tendance automatique d'approche et d'évitement (Kahneman & Frederick, 2007). Cette interprétation est également en accord avec une étude récente dans laquelle la présentation de stimuli aversifs ou attractifs contribue à moduler la préférence pour le risque dans une tâche permettant d'étudier la sensibilité à l'effet du cadre (Guitart-Masip et al., 2010).

Les résultats que nous avons obtenus suggèrent par ailleurs qu'un contexte émotionnel négatif n'affecte pas la sensibilité à l'effet du cadre. En effet, les participants soumis à la présentation d'images déplaisantes présentent un pattern de prise de décision en fonction du cadre similaire à celui des sujets contrôles. Cette absence d'impact du contexte émotionnel négatif peut sembler surprenante, compte tenu des nombreux travaux mettant en évidence un impact important des émotions négatives sur la prise de risque (cf. Blanchette & Richards, 2012 pour une revue de la littérature). En particulier, Porcelli et Delgado (2009) ont récemment mis en évidence une influence de l'exposition au stress sur l'augmentation de l'effet de réflexion (cf. introduction théorique, p.28) dans une tâche de prise de décision. De plus, l'influence négative de stimuli stressants a été observée dans une tâche de prise de décision sous ambiguïté, l'Iowa Gambling task (Bechara et al., 1999), au cours de laquelle le participant n'est pas informé des probabilités régissant les gains et les pertes et doit inférer ces probabilités sur la base de son expérience. Preston, Buchanan, Stansfield et Bechara (2007) ont montré que le fait d'anticiper un discours en public (activité particulièrement stressante



pour la plupart des individus) réduit la capacité des participants à effectuer des choix avantageux. Cependant, les images IAPS utilisées dans cette étude ont été choisies sur la base de leur valence (positive ou négative) et non sur la base du type d'émotion qu'elles peuvent susciter (tel que le dégoût, la peur ou la colère). Ces émotions spécifiques à valence négative ont été étudiées par Lerner et Keltner (2001), qui ont montré que la colère et la peur influencent le jugement et la prise de décision dans des directions opposées. La colère a tendance à diminuer la perception du risque, alors que la peur a tendance à accroître la perception du risque. Cette différence de perception conduit les sujets à une prise de risque accrue lorsqu'ils ressentent de la colère et au contraire à une prise de risque plus faible lorsqu'ils ressentent de la peur (Lerner, Gonzalez, Small, & Fischhoff, 2003; Lerner & Keltner, 2001). L'ensemble de ces données nous pousse à suggérer des études additionnelles, afin d'examiner plus en détail l'impact d'émotions négatives spécifiques sur la sensibilité à l'effet du cadre.

A nos yeux, le résultat le plus intéressant de cette étude concerne l'influence du contexte émotionnel positif sur la prise de décision. Ce contexte conduit les participants à se comporter de façon rationnelle et à choisir l'option risquée dans la même proportion, quel que soit le cadre de présentation. En effet, l'effet du cadre est neutralisé suite à la présentation d'images plaisantes et ce, quelles que soient les sommes et les probabilités en jeu. De façon intéressante, ce contexte émotionnel positif n'affecte pas la prise de risque des individus de façon globale, mais réduit spécifiquement la prise de risque dans le cadre de perte.

Ces résultats tendent à confirmer l'influence d'un contexte émotionnel positif sur la réduction de l'aversion aux pertes. Rappelons que l'aversion aux pertes se traduit par une tendance à rejeter les pertes sûres en faveur d'une perte probable (mais dont le montant net peut s'avérer supérieur) et est sous-tendue par l'activation d'aires cérébrales dédiées aux émotions (De Martino et al., 2010; Dreher, 2007; Yacubian et al., 2006). Dans le cadre de perte, les participants soumis à des images plaisantes ne semblent plus se focaliser sur la formulation négative de l'option sûre (« Vous perdez X€ »), choisissant plus souvent l'option sûre dans la condition de contexte émotionnel positif par rapport à la condition contrôle et à la condition de contexte émotionnel négatif. Nous pouvons alors faire l'hypothèse qu'un contexte émotionnel positif influence la fonction de valeur des gains et des pertes décrite par la Prospect Theory (Kahneman & Tversky, 1979; Tversky & Kahneman, 1992, cf. 19), contribuant à réduire la pente de la courbe dans le cadre de perte. Cette réduction de la pente de la courbe conduit à une diminution de l'aversion aux pertes, qui se traduit par une

disparition de l'effet du cadre. La certitude de perdre est en effet rendue moins aversive par le contexte émotionnel positif, ce qui conduit les sujets à choisir plus souvent l'option sûre.

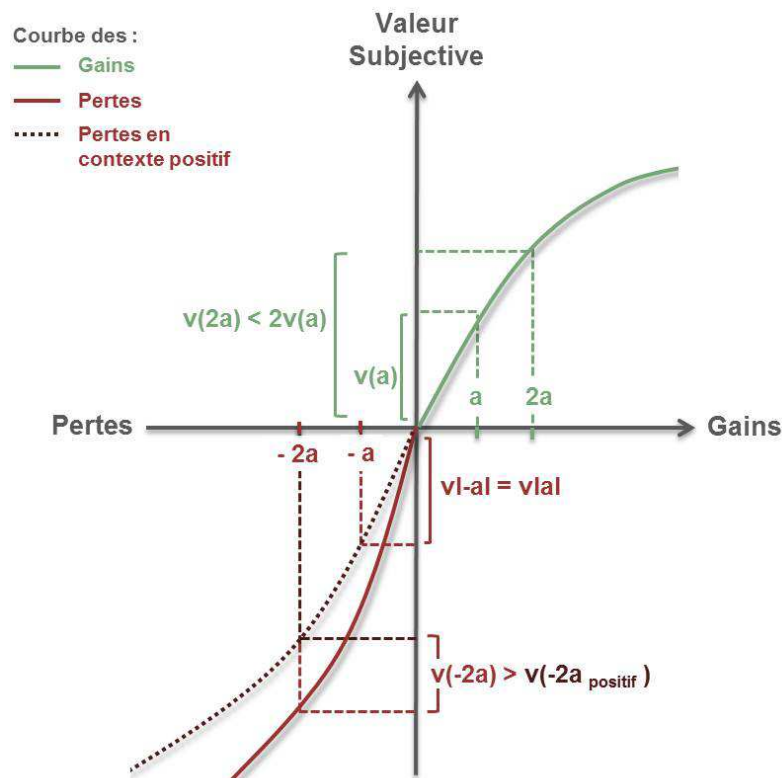


Figure 35 : Modification de la courbe de valeur des pertes en fonction de la présence d'un contexte émotionnel positif. Le contexte émotionnel positif influencerait la fonction de valeur en contribuant à réduire la pente de la courbe dans le cadre de perte, ce qui a pour conséquence de réduire l'aversion aux pertes, contribuant ainsi à la suppression de l'effet du cadre.

L'effet significatif du contexte émotionnel positif sur la prise de risque renforce également l'hypothèse selon laquelle l'effet du cadre résulterait d'une compétition entre deux types de rationalités susceptibles d'être modulées par les émotions, comme le postulent les théories du double processus. L'effet du cadre serait un biais lié à une réponse intuitive et émotionnelle, reflet d'une heuristique affective, dépendante d'un traitement de Type 1 intuitif.

A l'aide de l'utilisation de stratégies de régulation des émotions, Sokol-Hessner et al. (2009) ont rapporté une réduction comparable de l'aversion aux pertes. Ils ont demandé aux participants de se comporter de la même façon qu'un professionnel ayant à effectuer quotidiennement des décisions concernant des sommes importantes d'argent. De façon intéressante, ils ont pu montrer que les techniques de régulation cognitive (telle que « penser comme un trader ») peuvent réduire l'activation liée aux pertes, conduisant à une diminution de la tendance spontanée à éviter les choix pouvant conduire à des pertes.

Des études ultérieures en neuroimagerie, se focalisant sur l'influence d'un contexte émotionnel positif ou de stratégies de régulation émotionnelles, nous permettraient d'explorer

l'implication de l'amygdale et/ou du cortex orbitofrontal dans la réduction de la sensibilité à l'effet du cadre. En particulier, nous pourrions déterminer si le contexte émotionnel positif tend à réduire la sensibilité de l'amygdale au cadre de présentation ou à augmenter l'activation de l'amygdale, conduisant ainsi à une plus grande rationalité dans les choix et à un meilleur contrôle de la sensibilité au biais.

## Conclusion

Nos résultats mettent en évidence l'impact significatif qu'un contexte émotionnel positif, pourtant indépendant de la tâche, peut avoir sur la prise de décision à risque des individus et sur la sensibilité à un biais décisionnel classique. La présentation d'images plaisantes, au début de chaque essai, est suffisante à influencer la sensibilité à l'effet du cadre et en particulier à faire disparaître ce biais en réduisant l'aspect aversif lié à une perte sûre et en modifiant la pente de la courbe de valeur des pertes décrite par Kahneman et Tversky (1979). Ainsi, cette étude alimente le débat actuel sur l'influence des émotions incidentes dans la prise de décision à risque des individus et sur leur effet dans la mise en place d'un traitement rationnel de Type 2.

Enfin, comme nous l'avons déjà souligné, l'absence d'impact du contexte émotionnel négatif peut être due au fait que nous avons sélectionné les images IAPS sur la base de leur valence (négative ou positive) et non sur la base du type d'émotion spécifique qu'elles peuvent susciter. Nous avons donc mené une expérience complémentaire de l'étude 1, afin d'étudier l'impact d'émotions négatives spécifiques – la colère et la peur – sur la sensibilité à l'effet du cadre chez l'adulte.

## Etude 1b – Comment des émotions incidentes négatives influencent-elles la sensibilité à l'effet du cadre ?

---

### Résumé

*Dans notre première étude, nous avons étudié l'influence de contextes émotionnels incidents positifs et négatifs sur la sensibilité à l'effet du cadre. Cette étude n'a pas permis de mettre en évidence une influence du contexte émotionnel négatif sur la prise de risque des participants et sur la capacité à résister ou à succomber à ce biais. Pourtant, de nombreuses études ont souligné l'influence des émotions négatives sur le choix des individus. Ainsi, cette étude complémentaire a pour objectif d'étudier spécifiquement l'influence de deux émotions incidentes négatives sur la sensibilité à l'effet du cadre, la colère et la peur. Pour ce faire, nous avons utilisé des photographies de visages présentant une expression de colère ou de peur, qui ont été présentées aux participants au début de chaque essai. Nous observons une modulation de la sensibilité à l'effet du cadre en fonction du contexte émotionnel auquel les participants ont été soumis, avec une augmentation de l'aversion au risque en cadre de gain chez les participants soumis au contexte de peur et une diminution de l'aversion au risque en cadre de gain, conduisant à la suppression de la sensibilité à l'effet du cadre chez les participants soumis au contexte de colère.*

## Introduction

Depuis quelques années, plusieurs études ont cherché à étudier l’influence spécifique des émotions sur les choix des individus, en basant leurs analyses sur des informations plus précises que celles fournies par la valence émotionnelle (Lerner & Keltner, 2001; Mellers et al., 1999; Zeelenberg & Pieters, 2004). D’après Lerner et Keltner (2001), chaque émotion peut influencer les choix dans une direction particulière en fonction du type de dimension cognitive mise en jeu. Comme nous l’avons vu dans l’introduction générale de cette thèse, six dimensions cognitives définissent au mieux les patterns d’évaluation sous-tendant les émotions : la certitude, le caractère agréable, le recourt à une activité attentionnelle, la perception de contrôle, l’effort cognitif nécessaire et la responsabilité dans la survenue d’un évènement (Lerner & Keltner, 2000; Smith & Ellsworth, 1985). L’influence de chaque émotion sur la prise de décision peut être étudiée sur la base de ces patterns.

Ainsi, des émotions basiques de même valence (négative) influencent la prise de décision dans des directions opposées, en fonction de la perception du risque qu’elles suscitent. La peur accroît la tendance à percevoir l’influence de facteurs situationnels dans la survenue d’un évènement et conduit à des comportements d’aversion au risque, tandis que la colère tend à accroître la perception de la responsabilité d’autrui sur la survenue d’un évènement et à augmenter la prise de risque (Lerner & Keltner, 2000, 2001; Maner & Gerend, 2007; Raghunathan & Pham, 1999).

Dans notre première étude, nous avons étudié l’influence d’un contexte émotionnel incident positif ou négatif sur la sensibilité à l’effet du cadre. Cette étude n’a pas permis de mettre en évidence une influence du contexte émotionnel négatif sur la prise de risque, ni sur la capacité à résister ou succomber à ce biais. Pourtant, de nombreuses études ont mis en évidence une influence importante des émotions négatives sur le choix des individus (voir Blanchette & Richards, 2010 pour une revue de la littérature sur le sujet). Selon nous, l’absence d’effet du contexte émotionnel négatif observé dans notre première étude pourrait résulter du fait que les images IAPS de valences négatives que nous avons utilisées ne permettent pas de distinguer l’influence d’émotions spécifiques, comme la colère ou la peur.

Ainsi, cette étude complémentaire a pour objectif d’étudier spécifiquement l’influence de deux émotions incidentes négatives sur la sensibilité à l’effet du cadre, la colère et la peur. Sur la base des études antérieures, nous pouvons faire l’hypothèse que la colère et la peur auront une influence différenciée sur la prise de risque des individus. Ces émotions devraient influencer le choix des participants en fonction du comportement de prise de risque qui est

habituellement suscité par chaque cadre de présentation. Si la colère tend à augmenter la prise de risque, nous devrions observer une augmentation du pourcentage de choix risqués, par rapport au groupe contrôle. En revanche, si la peur tend à diminuer la prise de risque, nous devrions observer une diminution de la prise de risque.

## Méthodologie

### Participants

Cinquante-huit participants ont été recrutés à l'Institut de Psychologie de l'Université Paris Descartes ( $M = 22,01$ ,  $\sigma = 2,40$ ), parmi les étudiants de Licence. Les participants ont été répartis aléatoirement en trois groupes expérimentaux : le premier groupe a été confronté à un contexte de colère ( $n = 23$ ), le deuxième groupe a été confronté à un contexte de peur ( $n = 16$ ) et le troisième groupe n'a été confronté à aucun contexte (groupe contrôle,  $n = 19$ ).

### Procédure

La méthodologie utilisée dans cette étude est similaire à celle de l'étude 1a : les niveaux de risque (30%, 40%, 50%, 60% et 70%) et de résultats (10€, 20€, 30€, 40€ ou 50€) étaient identiques (cf. procédure de l'étude 1a, p. 110).

Cependant, afin d'étudier l'influence d'émotions spécifiques sur la prise de décision, nous avons remplacé la présentation des photographies issues de la base de donnée de l'IAPS par des photographies issues de la base de données des NimStim (NimStim Face Stimulus Set ; Tottenham et al., 2009). Cette base de données propose des photographies des visages d'hommes et de femmes présentant une expression émotionnelle différente. Nous avons ainsi réalisé trois conditions expérimentales en faisant varier la nature de l'émotion exprimée par le visage présenté : dans la condition de peur les participants visualisaient des visages présentant une expression de peur et dans la condition de colère, les participants visualisaient des visages présentant une expression de colère. Dans la condition contrôle, aucun visage n'était présenté aux participants.

La tâche comprenait un total de 50 essais (répartis en deux blocs de 25 essais). Dans chaque condition, les mêmes visages ont été présentés, seule l'expression émotionnelle variait. La moitié des visages présentés étaient des visages de femmes et l'autre moitié des visages d'hommes et ces visages ont été répartis aléatoirement au cours des essais. Chaque essai se déroulait selon la séquence suivante (cf. Figure 36, ci-dessous) : après avoir reçu une somme de départ sous la forme d'un billet de Monopoly, une photographie de visage issue des

NimStim était présentée durant 5000ms (un visage présentant une expression de peur, dans la condition de peur et un visage présentant une expression de colère dans la condition de colère). Puis, les participants devaient effectuer un choix entre une option risquée, représentée par une roue de la fortune et une option sûre (permettant de garder une partie de la somme initiale en cadre de gain et de perdre une partie de la somme initiale en cadre de perte). Dans le groupe contrôle, la procédure était similaire à celle-ci, mais les photographies de visages n'étaient pas présentées.

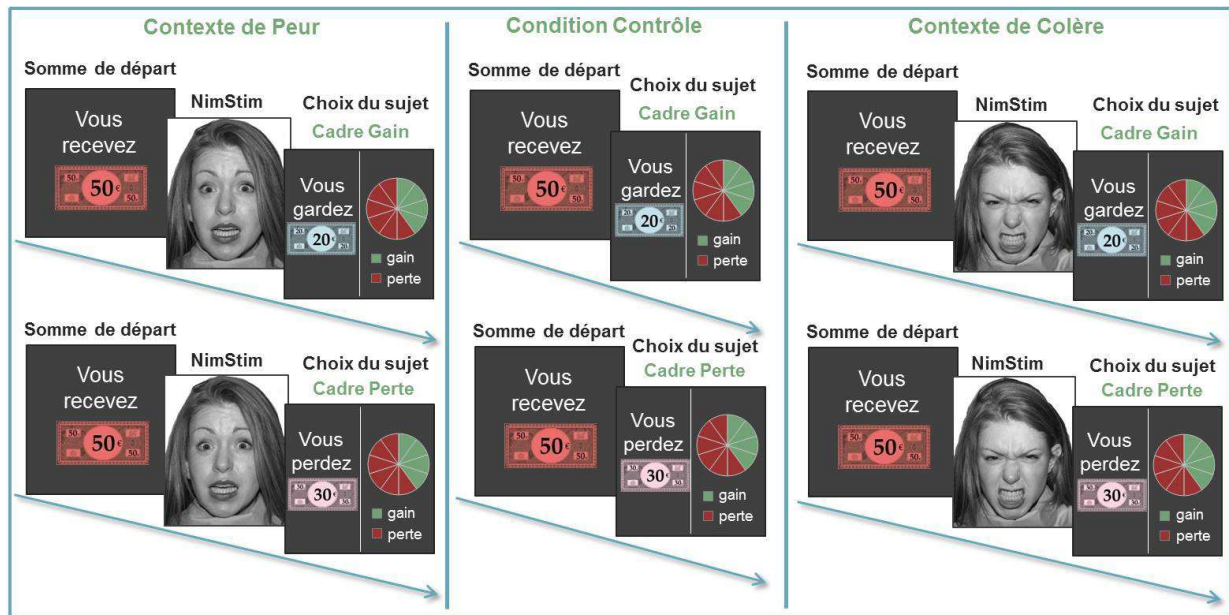


Figure 36 : Exemple d'essais présentés en cadre gain et en cadre perte, dans nos trois conditions expérimentales (visage de peur, condition contrôle ou visage de colère). A chaque essai, la valeur espérée des deux options est la même et les deux conditions (cadre gain v.s. cadre perte) sont mathématiquement équivalentes.

## Résultats

Dans un premier temps, nous avons effectué des tests T de Student afin de déterminer si les scores diffèrent de 50% pour chaque groupe, pour chacune des sommes en jeu et en fonction de chaque cadre (cf. De Martino et al., 2006). Des scores inférieurs à 50% indiquent une attitude d'aversion au risque, tandis que des scores supérieurs à 50% indiquent une attitude de prise de risque (cf. Figure 37, ci-dessous). Nous avons également comparé la taille de l'effet du cadre au sein de chaque groupe de participants à l'aide des tests T de Student. A chaque fois, nous avons effectué des tests T de Student unilatéraux, corrigés par la procédure de Bonferroni. Puis, nous avons effectué une analyse de variance à mesures répétées (ANOVA) afin de comparer le pourcentage de choix risqués en cadre de gain par rapport au cadre de perte, pour chaque somme en jeu et pour chaque groupe expérimental. Enfin, nous



avons effectué des comparaisons planifiées unilatérales afin de comparer le pourcentage de choix risqués en cadre de gain pour chaque condition.

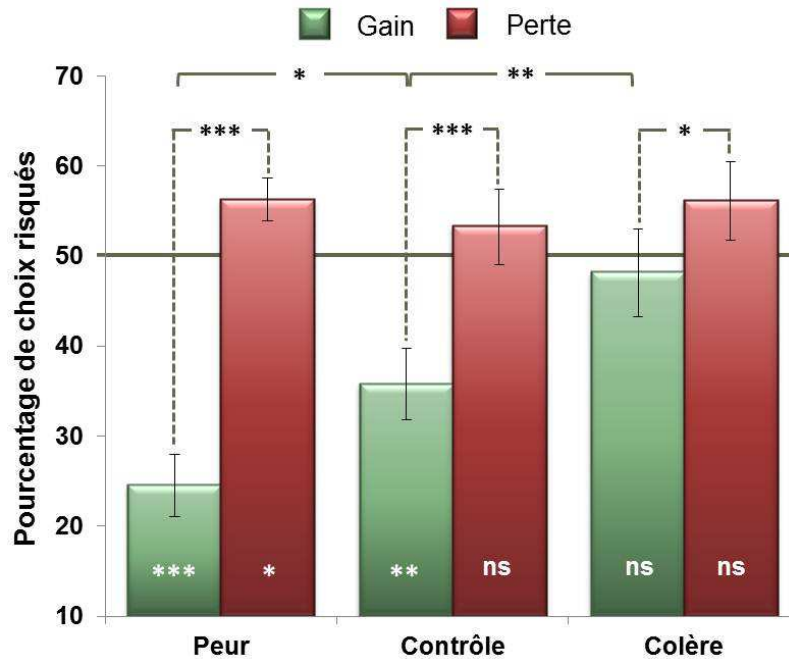


Figure 37 : Pourcentage d'essais pour lesquels les participants choisissent l'option risquée, en fonction du contexte (de peur, neutre ou de colère) et du cadre (de gain ou de perte). Nous avons comparé le pourcentage de choix risqués en fonction du cadre, pour chaque contexte, à l'aide du test HSD de Tuckey (en noir : ns non significatif, \*  $p < .05$ , \*\*\*  $p < .001$ ). Afin d'étudier le profil des participants face au risque (aversifs au risque, neutres face au risque ou preneurs de risque), nous avons effectué des comparaisons à la moyenne, à l'aide du test T de Student, corrigé par Bonferroni (en blanc : ns non significatif, \*  $p < .05$  et \*\*\*  $p < .001$ ).

Au sein du groupe soumis au contexte de peur, le pourcentage de choix risqués est supérieur à 50% en cadre de perte indiquant une tendance à la prise de risque,  $t(15) = 2,62$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0,66$ . En cadre de gain, le pourcentage de choix risqués est inférieur à 50%, indiquant une tendance à l'aversion au risque,  $t(15) = 7,41$ ,  $p < .05$ ,  $d = 1,87$ . Au sein du groupe contrôle, le pourcentage de choix risqués est inférieur à 50% en cadre de gain,  $t(18) = 3,59$ ,  $p < .005$ ,  $d = 0,82$  mais ne diffère pas de 50% en cadre de perte,  $t(18) < 1$ ,  $d = 0,18$ . Enfin, au sein du groupe soumis au contexte de colère, le pourcentage de choix risqués ne diffère pas de 50% ni en cadre de perte,  $t(22) = 1,38$ ,  $p = .27$ ,  $d = 0,29$  ni en cadre de gain,  $t(22) < 1$ .

Nous avons ensuite comparé la taille de l'effet du cadre (en soustrayant le pourcentage de choix risqués en cadre de gain du pourcentage de choix risqués en cadre de perte) en fonction du contexte. L'effet du cadre est significativement plus important en contexte de peur ( $M = 31,75$ ,  $\sigma = 12,8$ ) par rapport au groupe contrôle ( $M = 17,5$ ,  $\sigma = 3,0$ ) et par rapport au contexte de colère,  $M = 8$ ,  $\sigma = 20,4$ ,  $t(33) = 3,26$ ,  $p < .005$ ,  $d = 1,45$  et  $t(37) = 4,13$ ,  $p < .001$ ,  $d = 1,37$  respectivement.

Afin d'étudier l'influence du contexte émotionnel et du cadre de présentation sur le pourcentage d'essais au cours desquels les participants effectuent un choix risqué, nous avons réalisé une analyse de variance (ANOVA) à mesures répétées suivant le plan 3 Conditions (peur, contrôle et colère) x 2 Cadres (Gain et Perte). Cette analyse a mis en évidence un effet principal du cadre,  $F(1,55) = 77,70$   $p < .0001$ ,  $\eta_p^2 = .59$ , indiquant que les participants effectuent plus souvent un choix risqué dans le cadre de perte par rapport au cadre de gain,  $M = 55,24\%$  et  $\sigma = 17,50$  et  $M = 37,59\%$  et  $\sigma = 21,3$  respectivement, mais aucun effet de la condition,  $F(2,55) = 2,53$ ,  $p = .09$ ,  $\eta_p^2 = .08$ . Enfin, l'ANOVA a révélé une interaction significative entre le cadre et la condition,  $F(2,55) = 10,02$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .27$ .

Les comparaisons planifiées unilatérales révèlent que le pourcentage de choix risqués en cadre de gain est plus important pour le groupe soumis au contexte de colère, par rapport au groupe contrôle,  $F(1,55) = 4,24$ ,  $p < .01$  et pour le groupe contrôle par rapport au groupe soumis au contexte de peur,  $F(1,55) = 2,94$ ,  $p < .05$ . En revanche, en cadre de perte, le pourcentage de choix risqués ne varie pas entre les groupes (tous les  $p$  sont supérieurs à .05). Les comparaisons post-hoc ont été réalisées à l'aide du test HSD de Tuckey (Honestly Significant Difference), afin d'étudier l'interaction entre le cadre et la condition, pour chaque groupe expérimental. Les participants effectuent significativement plus de choix risqués en cadre de perte par rapport au cadre de gain, aboutissant à un effet du cadre classique, au sein du groupe soumis au contexte de peur,  $M = 56,3\%$ ,  $\sigma = 9,5$  et  $M = 24,5\%$ ,  $\sigma = 13,77$  respectivement,  $p < .001$ , et au sein du groupe contrôle,  $M = 53,3\%$ ,  $\sigma = 4,16$  et  $M = 35,8\%$ ,  $\sigma = 3,96$ , respectivement,  $p < .001$ . En revanche, les participants soumis à un contexte de colère choisissent aussi souvent l'option risquée en cadre de perte qu'en cadre de gain,  $M = 56,2\%$ ,  $\sigma = 21,4$  et  $M = 48,2\%$ ,  $\sigma = 23,8$ , respectivement.

## Discussion

Cette étude avait pour principal objectif d'étudier spécifiquement l'influence de deux émotions incidentes négatives sur la sensibilité à l'effet du cadre : la colère et la peur. Pour ce faire, nous avons comparé la sensibilité à l'effet du cadre de participants soumis à des photographies de visages présentant une expression de peur ou de colère avant d'effectuer leur choix. Nous observons une modulation de la sensibilité à l'effet du cadre en fonction du contexte émotionnel auquel les participants ont été soumis, avec (i) une augmentation de l'aversion au risque en cadre de gain chez les participants soumis au contexte de peur et (ii)

une diminution de l'aversion au risque en cadre de gain, conduisant à la suppression de la sensibilité à l'effet du cadre en contexte de colère.

Les participants soumis à la condition contrôle et à un contexte de peur présentent un effet du cadre classique. Ainsi, les choix sont influencés par la formulation des options, ce qui conduit les participants à prendre plus de risques en cadre de perte qu'en cadre de gain. En revanche, l'effet du cadre observé au sein du groupe soumis à un contexte de peur est plus important que l'effet de cadre observé au sein du groupe contrôle. Cette augmentation de l'effet du cadre est liée à une prise de risque plus faible en cadre de gain chez les participants soumis à un contexte de peur. Ces résultats confirment l'hypothèse selon laquelle la peur est une émotion qui tend à diminuer les comportements de prise de risque (Lerner & Keltner, 2000; 2001; Maner & Gerend, 2007). En revanche, le contexte de peur ne réduit pas le comportement de prise de risque des participants en cadre de perte, par rapport au groupe contrôle. Ils sont preneurs de risque en cadre de perte et restent sensibles à l'effet du cadre, prenant plus de risques en cadre de gain par rapport au cadre de perte.

Les participants soumis à un contexte de colère présentent quant à eux une augmentation de la prise de risque en cadre de gain, ce qui les conduit à être neutres face au risque, quel que soit le cadre de présentation. Ils présentent une suppression de la sensibilité à ce biais décisionnel classique qu'est l'effet du cadre. Ce résultat est en accord avec les études précédentes (Lerner & Keltner, 2000; 2001; Raghunathan & Pham, 1999) et avec notre hypothèse selon laquelle le contexte de colère tendrait à augmenter la prise de risque.

La modulation de la sensibilité à l'effet du cadre en fonction du contexte émotionnel mise en évidence dans cette étude souligne l'intérêt d'étudier l'impact différencié des émotions négatives sur la prise de décision. Des émotions basiques de même valence (négative) influencent manifestement la prise de décision dans des directions opposées, en fonction de la perception du risque qu'elles suscitent. La peur semble en effet favoriser l'aversion au risque, alors que la colère tend à augmenter la prise de risque. Notons que les émotions de peur et de colère, ne semblent pas modifier la prise de risque en cadre de perte. En effet, le contexte émotionnel manipulé dans cette étude tend à modifier le comportement de prise de risque des participants en cadre de gain spécifiquement, quel que soit le comportement habituel des participants dans ce cadre de présentation.

Tandis qu'un contexte émotionnel incident positif tend à influencer la fonction de valeur en modifiant la pente de la courbe des pertes (cf. discussion de l'étude 1a, p. 116), les émotions négatives de peur et de colère semblent influencer exclusivement la courbe des gains.

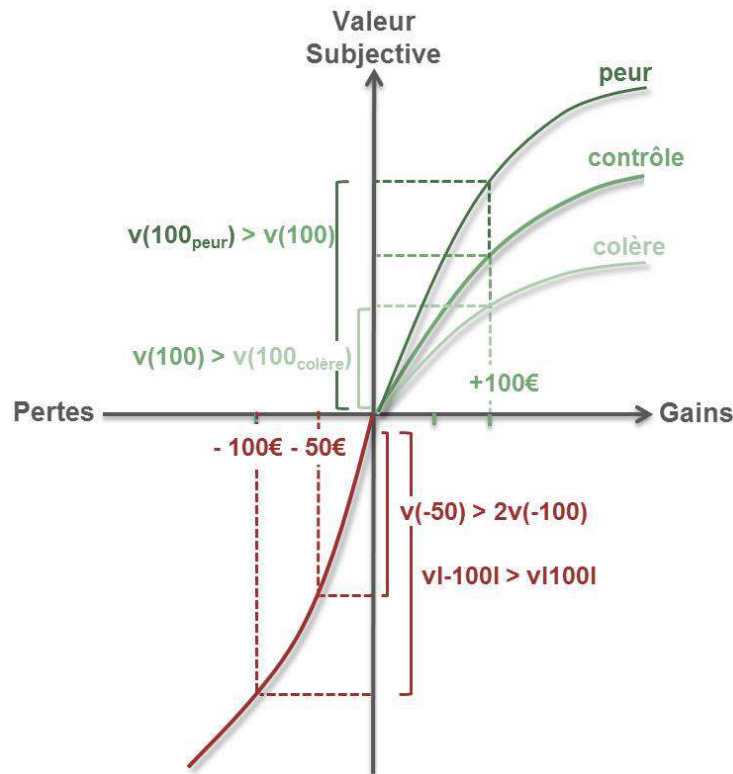


Figure 38 : Modification de la courbe de valeur des gains en fonction du contexte émotionnel auquel les participants ont été soumis. Les émotions négatives de peur et de colère influencent la courbe des gains. Tandis que la peur favorise l'aversion au risque, entraînant ainsi un choix plus élevé de l'option sûre en cadre de gain, la colère semble favoriser la prise de risque.

## Conclusion

Cette étude met en évidence l'impact différencié de deux émotions négatives spécifiques sur la prise de risque et la sensibilité à l'effet du cadre : la colère et la peur. La présentation de visages exprimant une expression de colère ou de peur au début de chaque essai tend à modifier le comportement de prise de risque des participants. Si la peur tend à diminuer la prise de risque en cadre de gain, la colère tend à augmenter la prise de risque dans ce même cadre de présentation. Ainsi, nos résultats confirment l'hypothèse selon laquelle des émotions de même valence peuvent avoir un effet opposé sur la prise de risque des individus. Par ailleurs, les émotions négatives de peur et de colère semblent influencer exclusivement la courbe de valeur des gains et non la courbe de valeur des pertes. De plus, cette étude confirme à nouveau l'hypothèse de De Martino et al. (2006), selon laquelle l'effet du cadre serait le produit d'une réponse intuitive et émotionnelle, sous-tendue par un réseau cérébral dédié aux émotions.

Dès lors la synthèse des résultats des études 1a et 1b suggère qu'un contexte émotionnel positif réduit l'aversion aux pertes alors qu'un contexte émotionnel négatif module l'aversion au risque en cadre de gain.

Il nous semble intéressant de déterminer par la suite comment un contexte émotionnel incident peut influencer la sensibilité à l'effet du cadre de façon développementale, en particulier à l'adolescence. La sensibilité à l'effet du cadre a en effet été très peu étudiée durant cette période développementale, qui est pourtant une période très sensible en termes de prise de risque et de sensibilité aux récompenses et aux punitions.

## Etude 2 – Influence d’émotions incidentes positives sur la sensibilité à l’effet du cadre à l’adolescence

---

### Résumé

*L’effet du cadre est un biais décisionnel classique qui conduit les individus à être systématiquement influencés par la formulation des options. Ce biais a été largement étudié chez l’adulte, mais peu d’études se sont intéressées à la sensibilité à l’effet du cadre des adolescents. Cette étude a pour objectif d’examiner la sensibilité à l’effet du cadre chez l’adolescent et de déterminer comment un contexte émotionnel positif peut moduler cette sensibilité. Afin d’explorer l’influence de ce contexte émotionnel, nous avons présenté aux participants des photographies plaisantes à forte valence émotionnelle dans une épreuve où les options pouvaient être formulées en termes de gain ou de perte, tout en étant équivalentes du point de vue de leur valeur espérée. Les résultats obtenus montrent que les adolescents sont globalement sensibles à l’effet du cadre classique. Cependant, la sensibilité à l’effet du cadre varie en fonction de la somme en jeu et le contexte émotionnel positif incident influence la prise de risque des adolescents de façon différenciée selon la somme en jeu. La présentation d’images plaisantes, au début de chaque essai, influence la sensibilité à l’effet du cadre lorsque l’enjeu est faible et tend à diminuer la sensibilité à ce biais très courant, en réduisant l’aspect aversif lié à une perte sûre.*

## Introduction

Le processus de prise de décision à risque est basé sur l'évaluation d'un choix entre plusieurs options offrant différentes probabilités de gain et différents résultats possibles. L'un des exemples les plus connus de l'impact des émotions sur la prise de décision est la violation du principe d'invariance descriptive (Cassotti et al., in press; Tversky & Kahneman, 1981). Pourtant, différentes études montrent que les décisions sont systématiquement influencées par la façon dont les options sont formulées. Cette violation du principe d'invariance descriptive est appelé « effet du cadre de présentation » et conduit les participants à être aversifs au risque lorsque les options sont formulées en termes de gains et au preneurs de risque lorsque ces options sont formulées en termes de pertes (De Martino et al., 2010 ; Reyna et Ellis, 1994 ; Reyna et al., 2011).

Différentes études de psychologie et de neuroimagerie tendent à appuyer l'hypothèse selon laquelle la sensibilité à l'effet du cadre serait le produit d'une réponse intuitive et émotionnelle, sous-tendue par une forte aversion aux pertes liée à l'activation de l'amygdale (De martino et al., 2006, 2010; Guitart-Masip et al., 2010).

L'hypothèse selon laquelle l'effet du cadre serait le résultat d'une heuristique affective a été confirmée dans la première étude de cette partie expérimentale (cf. p. 107), au sein d'un groupe de participants adultes (Cassotti et al., in press). Dans cette étude, des photographies à forte valence émotionnelle étaient présentées au début de chaque essai, afin d'étudier l'impact d'un contexte émotionnel incident positif ou négatif sur la sensibilité à l'effet du cadre. Tandis que le groupe de participants contrôles (non soumis à un contexte émotionnel) et de participants soumis à un contexte émotionnel négatif présentent un effet du cadre standard, le contexte émotionnel positif conduit les participants à se comporter de façon rationnelle et à choisir l'option risquée dans la même proportion, quel que soit le cadre de présentation. Ces résultats tendent à confirmer l'influence d'un contexte émotionnel positif sur la réduction de l'aversion aux pertes.

Si la sensibilité à l'effet du cadre a été largement étudiée à l'âge l'adulte, très peu d'études ont porté sur le développement de la sensibilité à l'effet du cadre chez l'enfant et l'adolescent (Reyna & Ellis, 1994; Reyna et al., 2011; Schlottman & Tring, 2005). Dans deux de ces études, les choix risqués comportaient trois niveaux de résultat et trois niveaux de risque (Reyna & Ellis, 1994; Reyna et al., 2011). Les résultats obtenus montrent que les enfants ne sont pas sensibles à l'effet du cadre avant l'âge de 8 ans. A 8 ans, les enfants présentent un effet du cadre uniquement lorsque le niveau de risque est le plus élevé, mais cet



effet du cadre est inversé (avec une plus forte prise de risque en cadre de gain par rapport au cadre de perte). A partir de 10-11 ans, les enfants et les adolescents présentent un effet du cadre classique lorsque le niveau de résultat est faible et un effet du cadre inversé lorsque le niveau de résultat est élevé.

Le pattern développemental observé chez les enfants et les adolescents peut être expliqué à l'aide de la Fuzzy-Trace Theory (Reyna & Brainerd, 2011). L'effet du cadre inversé mis en évidence à partir de 8 ans serait le résultat du développement parallèle de deux formes d'intelligence : l'une intuitive, dite *gist*, basée sur nos expériences passées et l'autre, dite *verbatim* permettant un traitement quantitatif et littéral de l'information (Reyna & Ellis, 1994 ; Reyna et al., 2011). D'après Reyna et Ellis (1994), la sensibilité à l'effet du cadre, souvent analysée comme une anomalie, serait plutôt la preuve du développement d'une forme d'intelligence intuitive (ou *gist*) basée sur nos expériences passées. Les heuristiques seraient des processus hautement adaptatifs, nécessaires au bon fonctionnement de l'individu, qui seraient d'avantage utilisées au fur et à mesure du développement (Reyna et al., 2011; Reyna & Ellis, 1994). A l'âge l'adulte, seul le système *gist* entrerait en jeu, ce qui aboutit à l'effet du cadre classique. Les enfants les plus jeunes s'appuieraient quant à eux sur un système *verbatim*, ce qui expliquerait l'absence de biais dans leur prise de décision. Chez les enfants les plus âgés et les adolescents, le traitement intuitif de l'information se développerait progressivement, mais l'analyse des choix resterait en partie *verbatim* et focalisée sur la dimension des récompenses, en particulier lorsque l'enjeu est élevé. Ils préféreraient alors les gains les plus importants (correspondant au choix risqué dans le cadre de gain) et les pertes les plus faibles (correspondant à l'option sûre dans le cadre de perte), ce qui les conduirait à effectuer leurs choix selon un effet du cadre inversé (Reyna et al., 2011; Reyna & Brainerd, 2011).

Ces études mettent en évidence l'apparition progressive d'un biais de prise de décision au cours du développement, illustrant ainsi la présence de différents types de raisonnement entrant en conflit à différents âges de la vie (Reyna & Ellis, 1994). On peut toutefois regretter, dans ces études, l'absence de parallélisme entre la procédure utilisée pour les gains et celle utilisée pour les pertes, ce qui pourrait expliquer la faiblesse de l'effet du cadre observé chez l'adulte. En effet, la méthodologie utilisée pour les pertes varie de celle utilisée pour les gains car les sujets reçoivent une mise de départ en cadre de perte alors qu'ils n'en reçoivent pas en cadre de gain. Dans une étude utilisant la même méthodologie pour les gains et les pertes, Schlottman et Tring (2005) ont mis en évidence des résultats divergents par rapport à ceux

obtenus par Reyna et ses collaborateurs chez les enfants. Les enfants ayant participé à leur étude présentent un effet du cadre classique dès l'âge de 6-7 ans.

Par ailleurs, la méthodologie utilisée dans l'ensemble de ces études n'a pas permis de tester directement l'hypothèse selon laquelle l'effet du cadre serait également le fruit d'une heuristique intuitive chez les adolescents.

Notre étude a pour objectif d'examiner la sensibilité au biais émotionnel qu'est l'effet du cadre à l'adolescence et de déterminer comment un contexte émotionnel positif peut moduler cette sensibilité. Sachant que les adolescents peuvent présenter des résultats différents en fonction de la somme mise en jeu (Reyna et al., 2011), nous étudierons l'effet du cadre pour chaque niveau de résultat en jeu.

En nous basant sur les travaux effectués chez l'adulte (cf. Etude 1, p. 107), et sachant qu'un contexte émotionnel incident active un réseau cérébral similaire à celui activé chez les adultes (Passarotti, Sweeney & Pavuluri, 2009), on peut s'attendre à une suppression de l'effet du cadre suite à la présentation d'un contexte émotionnel positif à l'adolescence, à travers une diminution de l'aversion aux pertes similaire à celle observée chez les adultes.

## Méthodologie

### Participants

61 adolescents (d'un âge compris entre 12 et 14 ans) ont participé à cette étude. Ils ont été répartis aléatoirement en deux groupes expérimentaux : le premier groupe a été confronté à un contexte émotionnel positif ( $n = 29$ ) et le second groupe n'a été confronté à aucun contexte émotionnel (groupe contrôle,  $n = 32$ ). Un consentement parental écrit a été demandé aux adolescents avant la passation de l'expérience, et les participants ont effectué cette étude en accord avec les normes nationales et internationales en vigueur.

### Procédure

Les participants ont effectué une tâche informatisée, identique à celle utilisée par Cassotti et al. (in press, cf. procédure de l'étude 1, p. 110), mais seules la condition contrôle et la condition de contexte émotionnel positif ont été présentées aux participants. Nous avons fait le choix de présenter uniquement un contexte émotionnel positif car il nous semblait éthiquement discutable de présenter les photos à valence négative de l'IAPS à des adolescents.

La tâche utilisée dans cette étude a été légèrement simplifiée par rapport à celle utilisée par Cassotti et al. (in press), afin de réduire la durée de l'épreuve. Ainsi, trois montants initiaux différents étaient attribués aux participants au début de chaque essai (30€, 40€ ou 50€), sous la forme de billets de Monopoly. Pour chaque somme de départ et pour chaque cadre, 5 essais étaient effectués pour lesquels les probabilités de gain étaient égales à 30%, 40%, 50%, 60% et 70%, aboutissant à un total de 30 essais (15 essais en cadre de gain et 15 essais en cadre de perte) dont l'ordre de présentation était randomisé.

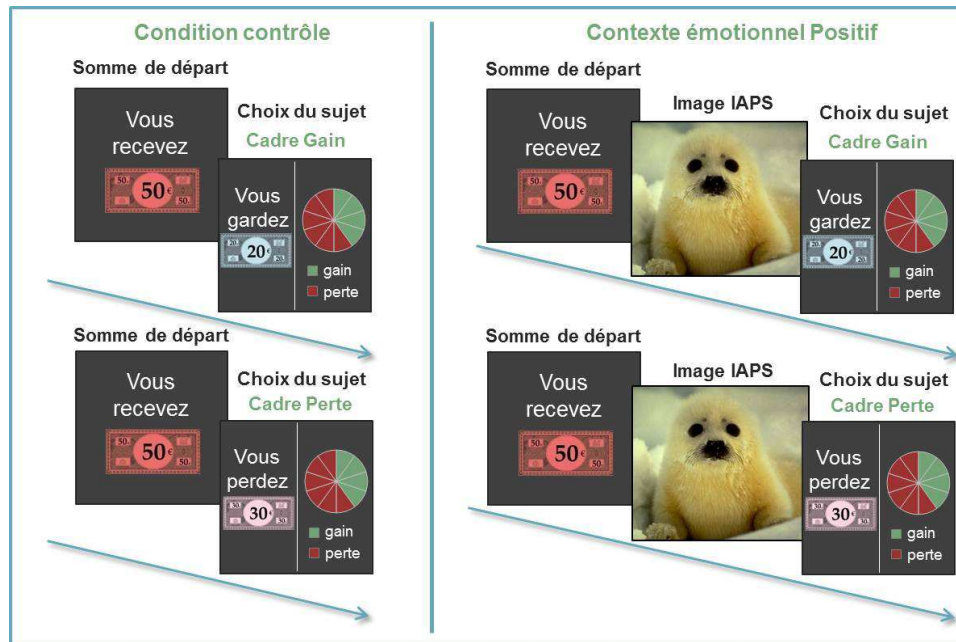


Figure 39 : Exemple d'essais présentés en cadre de gain et en cadre de perte, dans la condition de contexte émotionnel positif. A chaque essai, les participants recevaient une somme d'argent comprise entre 10€ et 50€. Puis, une photographie à valence positive, sans relation avec la tâche, était présentée aux participants. Les participants devaient effectuer un choix entre une option risquée, représentée par une roue de la fortune et une option sûre. A chaque essai, la valeur espérée des deux options était la même et les deux conditions (cadre de gain v.s. cadre de perte) étaient mathématiquement équivalentes.

L'ensemble des informations – probabilités, résultats et cadre de présentation (gain ou perte) – était disponible à chaque essai. Ainsi, toutes les informations pertinentes à la prise de décision étaient disponibles pour les participants au moment d'effectuer leur choix. La tâche était composée de deux blocs de 15 essais, d'une durée de 4 à 5 minutes chacun.

## Résultats

Dans un premier temps, nous avons effectué des tests T de Student afin de déterminer si les scores diffèrent de 50%, pour chaque groupe, chaque somme en jeu et en fonction de chaque cadre (cf. De Martino et al., 2006). Des scores inférieurs à 50% indiquent une tendance à l'aversion au risque, tandis que des scores supérieurs à 50% indiquent une attitude

de prise de risque (cf. Figure 40, ci-dessous). Puis, nous avons effectué une analyse de variance à mesures répétées (ANOVA) afin de comparer le pourcentage de choix risqués en cadre de gain et en cadre de perte, pour chaque somme en jeu et chaque groupe expérimental.

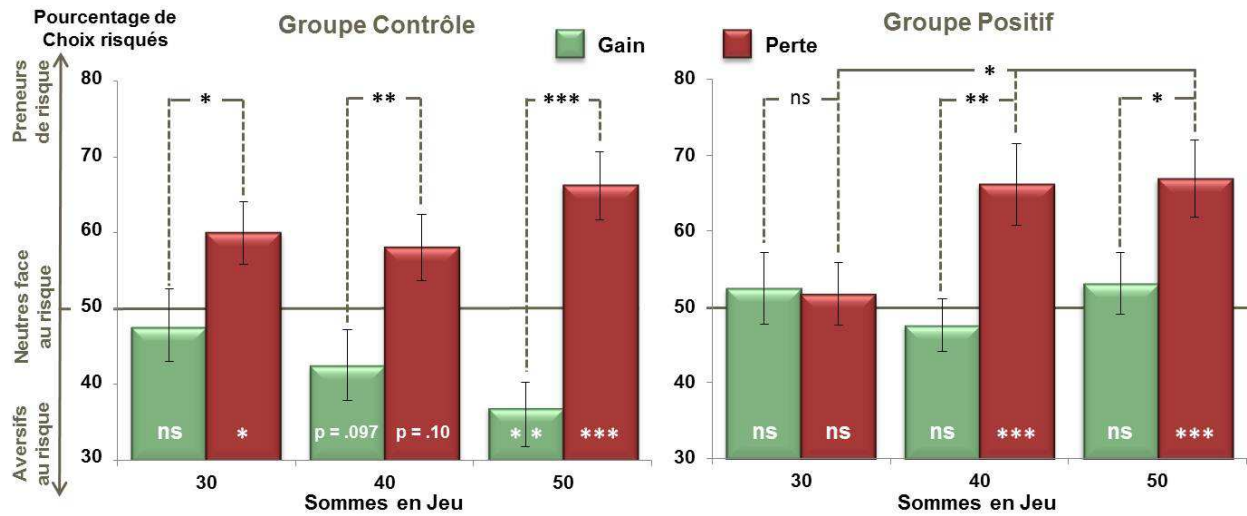


Figure 40 : Pourcentage d'essais pour lesquels les participants choisissent l'option risquée, en fonction du contexte (absence de contexte émotionnel ou contexte émotionnel positif), du cadre (de gain ou de perte) et du niveau de résultat en jeu (30€, 40€ ou 50€ ; en noir : ns non significatif, \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ). Afin d'étudier le profil des participants face au risque (aversifs au risque, neutres face au risque ou preneurs de risque), nous avons effectué des comparaisons à 50, à l'aide du test T de Student (en blanc : ns non significatif, \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .005$  et \*\*\*  $p < .001$ ).

Au sein du groupe contrôle, le pourcentage de choix risqués est inférieur à 50% en cadre de perte pour la somme la plus faible (30€) et la somme la plus élevée (50€) indiquant une tendance à la prise de risque en cadre de perte,  $t(31) = 1,98$ ,  $p = .05$ ,  $d = 0,35$  et  $t(31) = 4,76$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0,51$ , respectivement. Concernant la somme de 40€, la différence à 50% est proche du seuil de significativité,  $t(31) = 1,35$ ,  $p = .10$ ,  $d = 0,30$  (cf. Figure 40, ci-dessus). En cadre de gain, le pourcentage de choix risqués est supérieur à 50% pour la somme la plus élevée, indiquant une tendance à l'aversion au risque,  $t(31) = 2,92$ ,  $p < .01$ ,  $d = 0,51$ , la différence par rapport à 50% est proche du seuil de significativité pour la somme de 40€,  $t(31) = 1,71$ ,  $p = .097$ ,  $d = 0,31$ , tandis que cette différence n'est pas significative pour la somme la plus faible (de 30€),  $t(31) < 1$  (cf. Tableau 3, ci-dessous pour la valeur exacte des moyennes et des écart-types).

Au sein du groupe soumis à un contexte émotionnel positif, le pourcentage de choix risqués est inférieur à 50% en cadre de perte pour les sommes les plus élevées (40 et 50€) indiquant une tendance à la prise de risque,  $t(28) = 4,10$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0,87$  et  $t(28) = 4,69$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0,76$  respectivement, mais pas pour la somme de 30€,  $t(28) < 1$ . En cadre de gain, le pourcentage de choix risqués ne diffère pas de 50%, quelle que soit la somme en jeu indiquant

une neutralité face au risque,  $t(28) < 1$  pour les sommes de 30€, 40€ et 50€ (cf. Tableau 3, ci-dessous).

Afin d'étudier l'influence du contexte émotionnel sur le pourcentage d'essais au cours desquels les participants effectuaient un choix risqué, en fonction du cadre de présentation et des sommes en jeu, nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées suivant le plan 2 Contextes émotionnels (contrôle et positif) x 2 Cadres (Gain et Perte) x 3 Sommes (30€, 40€ et 50€). Cette analyse a mis en évidence un effet principal du cadre,  $F(1,59) = 28,79$ ,  $p < .0001$ ,  $\eta_p^2 = .33$ , indiquant que les participants effectuaient plus souvent un choix risqué dans le cadre de perte par rapport au cadre de gain,  $M = 61,53\%$  et  $\sigma = 20,09$  et  $M = 46,29\%$  et  $\sigma = 21,6$ , respectivement. Aucun effet principal de la Somme,  $F(2,118) = 1,13$ ,  $p = .33$ ,  $\eta_p^2 = .02$  ou du contexte émotionnel,  $F < 1$  n'a été mis en évidence. Cependant, l'ANOVA a révélé une interaction double significative entre la somme et le contexte émotionnel,  $F(2,118) = 3,65$ ,  $p < .05$ ,  $\eta_p^2 = .06$  et une interaction triple proche du seuil de significativité entre le cadre, le contexte émotionnel et la somme,  $F(2, 118) = 2,92$ ,  $p = .058$ ,  $\eta_p^2 = .058$ .

Tableau 3 : Pourcentage d'essais (moyenne et écart-type) pour lesquels les participants ont choisi l'option risquée au sein de chaque groupe expérimental, en fonction du cadre (de gain ou de perte) et de la somme en jeu (30€, 40€, 50€).

Groupe Expérimental	Cadre	Analyse en fonction des sommes			Moyenne Totale (sur l'ensemble des sommes)
		30€	40€	50€	
<b>Groupe Contrôle</b>	<b>Gain</b>	47,5% (23,14)	42,5% (24,76)	36,88% (25,46)	42,29% (20,57)
	<b>Perte</b>	60,00% (28,74)	58,12% (27,05)	66,25% (19,30)	61,46% (21,87)
<b>Groupe Emotion Positive</b>	<b>Gain</b>	52,41% (22,31)	47,58% (24,76)	53,10% (25,46)	51,03% (22,77)
	<b>Perte</b>	51,72% (25,36)	66,20% (18,60)	66,90% (22,22)	61,61% (18,31)

Dès lors nous avons effectué une ANOVA pour chaque groupe afin d'étudier la sensibilité à l'effet du cadre en fonction de l'enjeu. Au sein du groupe contrôle, l'ANOVA à mesures répétées effectuée suivant le plan 2 Contextes émotionnels (contrôle et positif) x 2 Cadres (Gain et Perte) a révélé un effet du cadre,  $F(1, 31) = 40,29$ ,  $p < .0001$ ,  $\eta_p^2 = .57$  et une interaction entre le cadre et la somme,  $F(2, 62) = 5,32$ ,  $p < .01$ ,  $\eta_p^2 = .15$ . Au sein du groupe soumis à un contexte émotionnel positif, l'ANOVA à mesures répétées effectuée suivant le plan 2 Contextes émotionnels (contrôle et positif) x 2 Cadres (Gain et Perte) a révélé un effet

du cadre,  $F(1, 28) = 4,90$ ,  $p < .05$ ,  $\eta_p^2 = .15$ , un effet de la somme,  $F(2,56) = 4,37$ ,  $p < .05$ ,  $\eta_p^2 = .17$  et une interaction entre le cadre et la somme,  $F(2, 56) = 5,00$ ,  $p = .01$ ,  $\eta_p^2 = .15$ .

Les comparaisons post-hoc ont été réalisées à l'aide du test HSD de Tuckey (Honestly Significant Difference) afin d'étudier l'interaction entre le cadre et la somme, pour chaque groupe. Au sein du groupe contrôle, les participants présentent un effet du cadre classique, le pourcentage de choix risqués en cadre de perte étant supérieur au pourcentage de choix risqués en cadre de gain, quelle que soit la somme en jeu (tous les  $p$  sont inférieurs à .05). Au sein du groupe soumis à un contexte émotionnel positif, les participants présentent un effet du cadre classique pour les sommes les plus élevées ( $p$  inférieurs à .05, pour les sommes de 40€ et 50€), mais pas pour la somme la plus faible (de 30€).

Nous avons enfin comparé la taille de l'effet du cadre au sein du groupe contrôle, pour chaque somme en jeu (en soustrayant le pourcentage de choix risqués en cadre de gain du pourcentage de choix risqués en cadre de perte). La taille de l'effet du cadre est significativement plus grande pour les sommes les plus élevées (40 et 50€) que pour la somme la plus faible (30€),  $t(32) = 3,39$ ,  $p < .005$ ,  $d = 0,52$  et  $t(32) = 2,68$ ,  $p < .05$ ,  $d = 0,62$  respectivement.

## Discussion

L'objectif de cette étude était d'examiner la sensibilité à l'effet du cadre à l'adolescence et l'influence d'un contexte émotionnel positif sur cette sensibilité.

Les études antérieures portant sur la sensibilité à l'effet du cadre ayant mis en évidence une variation de cette sensibilité à l'adolescence en fonction des sommes en jeu (Reyna et Ellis, 1994; Reyna et al., 2011), nous avons également pris en compte ce facteur lors de nos analyses. Les résultats obtenus montrent (i) que les adolescents sont globalement sensibles à l'effet du cadre classique, (ii) que la sensibilité à l'effet du cadre varie en fonction de la somme en jeu au sein du groupe contrôle et (iii) qu'un contexte émotionnel positif incident influence la prise de risque des adolescents de façon différenciée selon l'enjeu.

Au sein du groupe contrôle, non soumis à un contexte émotionnel, nos résultats sont partiellement en accord avec ceux obtenus par Reyna et al. (2011), puisque nous avons mis en évidence une modulation de la sensibilité à l'effet du cadre en fonction de la somme en jeu, l'effet du cadre étant significativement plus important pour les niveaux de résultat les plus élevés (40 et 50€) par rapport au niveau de résultat le plus faible (30€). Ainsi, les adolescents du groupe contrôle présentent une forte tendance à l'aversion au risque en cadre de gain



lorsque la somme en jeu est élevée, alors qu'ils sont neutres face au risque lorsque la somme en jeu est plus faible. En cadre de perte, ces participants présentent globalement une tendance à la prise de risque, quelle que soit la somme en jeu. De façon globale, nous observons un effet du cadre classique, avec un pourcentage de choix risqués plus élevé en cadre de perte par rapport au cadre de gain chez les adolescents du groupe contrôle. Ce résultat diffère de celui obtenu par Reyna et al. (2011) sur un groupe d'adolescents âgés de 14 à 17 ans, qui ont observé un effet du cadre inversé en cas d'enjeu élevé. Les divergences de résultats par rapport à leur étude peuvent être attribuées à l'absence de parallélisme entre la procédure utilisée par Reyna et al. (2011) pour les gains et celle utilisée pour les pertes.

Au sein du groupe soumis à un contexte émotionnel positif, nous observons un effet du cadre classique lorsque les sommes en jeu sont les plus élevées (40€ et 50€), avec une forte tendance à la prise de risque en cadre de perte. Cependant, pour ces mêmes sommes, les participants ne sont pas aversifs au risque en cadre de gain. Ils sont en effet neutres face au risque dans le cadre de gain suite à la présentation du contexte émotionnel positif, et ce quelle que soit la somme en jeu. Bien que l'absence d'interaction triple ne nous permette pas de comparer l'effet du cadre, en fonction des sommes, selon les deux groupes, nous pouvons tout de même nous baser sur les comparaisons à 50% pour observer que ces résultats diffèrent de ceux obtenus au sein du groupe contrôle, présentant une aversion au risque en cadre de gain, pour les sommes les plus élevées. Enfin, nous observons une suppression de l'effet du cadre lorsque la somme en jeu est la plus faible (30€), avec un comportement de neutralité face au risque, quel que soit le cadre de présentation. Dans ce dernier cas, la suppression de l'effet du cadre est liée à une diminution de la prise de risque en cadre de perte.

Les résultats que nous avons obtenus tendent à confirmer l'influence d'un contexte émotionnel positif sur la réduction de l'aversion aux pertes. Bien que restreinte à la somme la plus faible, la suppression de l'effet du cadre observée à l'adolescence est en accord avec le résultat observé par Cassotti et al. (in press ; cf. étude 1a, p. 107), mettant en évidence une suppression de l'effet du cadre suite à la présentation d'images à valence positive à l'âge adulte. Dans le cadre de perte, les participants adultes soumis à des images plaisantes ne semblent plus se focaliser sur la formulation négative de l'option sûre (« vous perdez X€ »), ce qui les conduit à choisir plus souvent l'option sûre dans la condition de contexte émotionnel positif par rapport à la condition contrôle. A la différence des adultes, pour lesquels le contexte émotionnel positif impacte uniquement le cadre de perte, ce contexte impacte également le cadre de gain à l'adolescence. La neutralité face au risque dans ce cadre de présentation peut être reliée à la diminution de l'aversion aux pertes des individus. En



cadre de gain, l'aversion aux pertes conduit les participants à choisir l'option offrant un gain sûr et à rejeter l'option risquée offrant une perte potentielle. La diminution de l'aversion aux pertes peut conduire les participants à choisir plus souvent l'option risquée en cadre de gain, les amenant à une conduite de neutralité face au risque.

Cependant, à l'adolescence, ce résultat est observé uniquement lorsque l'enjeu est peu élevé, alors qu'il existe quel que soit l'enjeu à l'âge adulte. Ce résultat peut être interprété de deux façons. Il peut être lié à une plus faible sensibilité des adolescents au contexte émotionnel ou bien à une aversion aux pertes plus importante qu'à l'âge adulte, le contexte émotionnel positif n'est alors pas suffisant à réguler cette aversion et à diminuer la prise de risque.

Les études portant spécifiquement sur la sensibilité des adolescents au contexte émotionnel positif sont peu nombreuses et présentent des résultats divergents. Passarotti, et al. (2009) ont mis en évidence l'activation d'un réseau cérébral similaire à celui activé chez l'adulte lors de la présentation d'émotions faciales incidentes, mais l'intensité de ces activations varie avec l'âge. Les adolescents présentent en effet une activation plus importante des régions paralimbiques et une activation plus faible du cortex préfrontal ventromédian. Par ailleurs, Pfeiffer et al. (2011) ont mis en évidence un développement important des circuits neuraux responsables de la sensibilité aux stimuli faciaux affectifs de l'enfance à l'adolescence, sans pour autant déterminer si ce développement se poursuivait entre l'adolescence et l'âge adulte. Cependant, de nombreuses études mettent en évidence l'influence significative du contexte socio-émotionnel sur la prise de décision à l'adolescence (cf. Albert & Steinberg, 2011, pour une revue de la littérature à ce sujet), avec une activation plus importante des régions limbiques sous-corticales, impliquées dans les capacités de régulation émotionnelle. Ces résultats ne semblent donc pas confirmer l'hypothèse d'une hyposensibilité aux émotions incidentes à cet âge.

Chez l'adulte, la présentation d'images à valence émotionnelle positive influence la fonction de valeur des gains et des pertes décrite par Kahneman et Tversky (1979), contribuant à réduire la pente de la courbe dans le cadre de perte quelle que soit la somme en jeu (Cassotti et al., in press). A l'adolescence, la disparition de l'effet du cadre est constatée uniquement lorsque l'enjeu est faible, ce qui pourrait être lié à une aversion aux pertes plus importante par rapport aux adultes. Ces résultats sont compatibles avec ceux observés dans une tâche de prise de décision sous ambiguïté, l'Iowa Gambling task (Aïte et al., 2012; Cassotti et al., 2011) Le contexte émotionnel ne serait alors pas suffisant pour entraîner une diminution de l'aversion aux pertes (et une diminution de la prise de risque) en cadre de gain.

Le contexte émotionnel positif n'influencerait pas la sensibilité aux gains et aux pertes de la même façon qu'à l'âge adulte et contribuerait à la fois à diminuer l'aversion aux pertes et à faire varier – en l'abaissant – le point de référence des participants.

Afin de mieux comprendre les mécanismes par lesquels les émotions influencent la prise de décision, il serait judicieux d'utiliser des échelles émotionnelles permettant de mesurer le ressenti émotionnel des participants au cours de la tâche et l'impact du contexte incident présenté. Cette mesure nous permettrait de déterminer si les adolescents sont affectés par le contexte émotionnel incident dans la même mesure que les adultes.

Par ailleurs, il nous paraît nécessaire de mener des études ultérieures se focalisant spécifiquement sur l'influence d'émotions incidentes particulières positives, mais également négatives (joie, colère, peur). Ces études nous permettraient de mieux comprendre comment une gamme d'émotions incidentes influence la sensibilité aux biais décisionnels, et en particulier à l'effet du cadre, à l'adolescence.

## Conclusion

Les résultats de cette étude mettent en évidence l'impact qu'un contexte émotionnel incident et positif peut avoir sur la sensibilité à l'effet du cadre au sein d'un groupe d'adolescents. La présentation d'images plaisantes, au début de chaque essai, influence la sensibilité à l'effet du cadre et tend à diminuer la sensibilité à ce biais très courant, en réduisant l'aspect aversif lié à une perte sûre, mais également en faisant varier le point de référence des individus. Suite à l'étude de l'influence d'un contexte émotionnel incident sur la prise de décision, il nous semble intéressant d'étudier l'effet d'émotions dites « intégrales » (cf. introduction générale, p. 40) sur la volonté des sujets de reconsidérer un choix aboutissant à un gain ou une perte.

## Etude 3 – Etude développementale du ressenti du regret et du soulagement et de leur influence sur la volonté de reconsidérer son choix

---

Cette étude a fait l'objet d'une publication :

**Habib, M.**, Cassotti, M., Borst, G., Simon, G., Pineau, A., Houdé, O., & Moutier, S. (2012). Counterfactually mediated emotions: A developmental study of regret and relief in a probabilistic gambling task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 112, 265-274.

### **Résumé**

*Le regret et le soulagement sont des émotions dites contrefactuelles, qui reposent sur une comparaison entre ce qui est advenu et ce qui aurait pu advenir. Dans cette étude, nous avons étudié le développement du regret et du soulagement de l'enfance à l'adolescence (11;2 ans – 20;2 ans), ainsi que leur influence sur la volonté des individus de reconsidérer rétrospectivement leurs choix, à l'aide d'une tâche informatisée de prise de décision financière à risque. Nous avons demandé aux participants de choisir entre deux roues de la fortune, qui différaient par leurs probabilités de gains et de pertes et par les sommes mises en jeu. Nous avons manipulé le résultat de la roue de la fortune non sélectionnée par le participant afin d'induire du regret ou du soulagement. A chaque essai, les participants devaient compléter une échelle émotionnelle et indiquer à quel point ils souhaitaient modifier leur choix initial. L'analyse de ces indicateurs suggère que le regret et le soulagement sont ressentis plus fortement par les adultes que par les enfants et les adolescents. De plus, le ressenti du regret influence directement la volonté des participants de modifier leur choix initial, mais ce souhait est plus élevé chez les adultes par rapport aux enfants. En particulier, chez ces derniers, l'expérience du regret semble dissociée de la volonté de reconsidérer son choix. Cette étude fournit la première évidence que la capacité à ressentir des émotions dites contrefactuelles, comme le regret et le soulagement, continue à se développer au cours de l'enfance et de l'adolescence.*

## Introduction

Différentes études de psychologie et de neuroscience ont mis en évidence l'influence cruciale des émotions dans la mise en place d'une prise de décision adaptée (Cassotti et al., 2012; Loewenstein et al., 2008). Zinck et Newen (2007) suggèrent que les émotions peuvent être classées en tant que « basiques » ou « non basiques ». Au cours du développement émotionnel, les émotions basiques (comme la peur, la colère, la joie ou la tristesse) se différencient en émotions cognitives plus complexes (Power, 2010; Zinck & Newen, 2007). Parmi ces émotions cognitives, certaines émotions (comme le regret et le soulagement) sont liées à la faculté de penser de façon contrefactuelle (Ritov, 1996). Ces émotions reposent plus spécifiquement sur une comparaison contrefactuelle entre ce qui s'est produit (le factuel) et ce qui aurait pu se produire si notre choix avait été différent (le contrefactuel, Byrne, 2002). Le regret survient lorsque le résultat de notre propre choix est pire que le résultat de l'alternative non choisie, c'est-à-dire lorsque nous avons le sentiment d'avoir raté une opportunité, alors que le soulagement survient dans la situation inverse. Ainsi, les émotions dites contrefactuelles dépendent directement du choix effectué par l'individu et sont nécessairement associées à un sentiment de responsabilité (Mellers et al., 1999).

Le regret et le soulagement sont des émotions qui ont un impact significatif sur la vie quotidienne. Elles peuvent, entre autres, expliquer des comportements irrationnels, comme l'addiction aux jeux (Zeelenberg & Pieters, 2004). Pourtant, peu d'études en psychologie ont examiné le développement de telles émotions. Ceci est particulièrement vrai à l'adolescence, alors même que l'adolescence est une période critique pour la prise de risque (Steinberg, 2008). Par conséquent, l'objectif de cette étude est d'étudier le développement du regret et du soulagement de l'enfance à l'âge adulte et d'examiner comment ces émotions modulent la volonté de reconsidérer son choix.

Jusqu'à présent, la psychologie du développement s'est principalement focalisée sur l'étude du développement de la capacité à ressentir des émotions dites contrefactuelles chez les jeunes enfants. Weisberg et Beck (2010) ont par exemple étudié le développement de cette habileté chez des enfants âgés de 5 et 8 ans. Dans leur paradigme, les enfants avaient pour consigne d'effectuer un choix entre deux boîtes avant de découvrir le résultat obtenu (pour la boîte sélectionnée) et le résultat non obtenu (pour la boîte non sélectionnée). Par une manipulation de ces deux résultats, les expérimentateurs pouvaient induire soit du regret (lorsque le résultat obtenu était inférieur au résultat non obtenu), soit du soulagement (dans le cas contraire). Enfin, les enfants devaient compléter une échelle émotionnelle en 5 points (de

type échelle de Likert), précisant s'ils étaient plutôt contents ou mécontents de leur résultat. L'analyse des résultats de cette échelle révèle que le regret et le soulagement sont acquis à des âges différents : le ressenti du regret se développerait autour de 5 ans, alors que le ressenti du soulagement ne se développe qu'à partir de 7 ans (Ferrell, Guttentag, & Gredlein, 2009; Guttentag & Ferrell, 2008; O'Connor et al., 2012). D'après Weisberg et Beck (2010), le fait que le soulagement soit ressenti plus tard que le regret serait le reflet d'un biais de la pensée contrefactuelle chez l'enfant, également observé chez l'adulte (German, 1999; Roese, 1997). Les adultes présentent en effet une plus forte tendance à penser de façon contrefactuelle lorsque le résultat obtenu est négatif. Néanmoins, les auteurs précisent que leur tâche pourrait ne pas avoir conduit à un soulagement « authentique » puisque, dans cette tâche, les enfants n'ont jamais été confrontés à une alternative négative (Weisberg & Beck, 2010).

Récemment, le développement du regret et du soulagement à l'adolescence et l'impact de ces émotions sur la prise de décision ont été étudiés à l'aide d'une tâche de prise de décision probabiliste proposant à la fois des résultats positifs et des résultats négatifs (Burnett et al., 2010). Le regret et le soulagement ont été induits de la même façon que dans le paradigme de Weisberg et Beck (2010), en utilisant une manipulation du résultat obtenu et du résultat non obtenu. L'analyse de l'échelle émotionnelle révèle que le soulagement, et non le regret, continue à se développer durant l'adolescence. L'absence de résultats développementaux concernant le ressenti du regret est surprenante compte-tenu des aires cérébrales impliquées dans le ressenti du regret. Son ressenti est en effet positivement corrélé à l'activation du cortex orbitofrontal dont la maturation se poursuit jusqu'à l'adolescence (Camille et al., 2004; Chua et al., 2009; Coricelli et al., 2007).

L'absence de résultats développementaux concernant le développement du regret peut s'expliquer par la nature des variables dépendantes utilisées dans cette étude. Les études développementales se sont principalement focalisées sur l'analyse des échelles émotionnelles complétées par les participants. Sachant que les émotions dites contrefactuelles sont étroitement liées à l'alternative choisie par les participants, il nous paraît nécessaire de considérer le degré selon lequel les participants souhaitent modifier leur choix après avoir ressenti du regret (voir Chua et al., 2009). Ainsi, l'échelle de choix utilisée par Chua et al. (2009) nous semble être une importante mesure complémentaire de la pensée contrefactuelle. Cette étude d'imagerie cérébrale fonctionnelle portant sur le ressenti du regret et du soulagement a récemment confirmé la complémentarité entre l'échelle émotionnelle et l'échelle de choix (Chua et al., 2009). Il existe en effet une corrélation positive et significative entre le désir de changer son choix initial dans une tâche de prise de décision financière et

l'activation du cortex cingulaire antérieur et du cortex préfrontal ventromédian. Notons que ces régions sont habituellement activées lors de la détection de conflit et de la correction exécutive des erreurs passées (Houdé et al., 2001; Houdé & Tzourio-Mazoyer, 2003).

Afin d'examiner le développement du regret et du soulagement dans cette étude, des enfants (âgés de 10-12 ans), des adolescents (âgés de 13-15 ans) et des adultes (âgés de 18-24 ans) ont participé à une nouvelle tâche de prise de décision à risque conçue pour les enfants et adaptée des travaux de Camille et al. (2004 ; voir également Mellers et al., 1999). A chaque essai, les participants devaient effectuer un choix entre deux options décrites comme des « roues de la fortune ». Puis, le résultat de la roue de la fortune sélectionnée par le participant (le résultat obtenu) et le résultat de la roue non sélectionnée (le résultat non obtenu) étaient successivement présentés aux participants. Ces derniers devaient ensuite indiquer leur ressenti émotionnel à propos de la comparaison entre le résultat obtenu et le résultat non obtenu (échelle émotionnelle), ainsi que le degré selon lequel ils souhaiteraient reconsidérer leur choix initial s'ils en avaient la possibilité (échelle de choix).

Selon les études antérieures (Ferrell et al., 2009; Weisberg & Beck, 2010), le regret et le soulagement sont déjà développés à l'âge de 7 ans. Cependant, si le cortex orbitofrontal a un rôle fondamental dans l'expérience du regret, et compte-tenu de la maturation tardive de cette région cérébrale, nous nous attendons à observer un développement progressif du ressenti émotionnel des émotions contrefactuelles de l'enfance à l'âge adulte – période au cours de laquelle ce ressenti devrait atteindre son niveau maximal. De plus, l'échelle de choix (i) nous fournirait une information critique sur la trajectoire développementale du regret et du soulagement et (ii) nous permettrait de mieux comprendre la complexité de ces deux émotions. Enfin, la prise en compte simultanée de l'échelle émotionnelle et de l'échelle de choix dans l'étude de ces émotions devrait nous permettre d'évaluer de façon plus précise deux composantes essentielles et complémentaires du regret et du soulagement : le ressenti de ces émotions et leur impact sur la volonté de reconsidérer ou de maintenir son choix.

## Méthodologie

### Participants

53 participants ont pris part à cette expérience sur la base du volontariat. Dans une perspective développementale, nous avons recruté les participants en fonction de trois groupes d'âges : 19 enfants ( $M = 11$  ans 2 mois,  $\sigma = .66$ ), 17 adolescents ( $M = 14$  ans 5 mois,  $\sigma = .40$ ) et 17 jeunes adultes ( $M = 20$  ans 2 mois,  $\sigma = 1.48$ ). Un consentement parental écrit a été

demandé aux enfants et aux adolescents avant la passation de l'expérience et les participants ont été testés en accord avec les normes nationales et internationales.

### Matériel et procédure

Les participants ont effectué une tâche informatisée de prise de décision à risque, composée de 36 essais impliquant des gains et des pertes et avaient pour consigne de gagner le plus d'argent possible. Les participants devaient effectuer un choix entre deux options décrites comme des « roues de la fortune », qu'ils visualisaient sur un écran d'ordinateur. Chaque roue comprenait 10 secteurs, de couleur verte ou rouge, chaque couleur étant associée respectivement à une probabilité de gagner ou de perdre une certaine somme d'argent (cf. Figure 41, ci-dessous). Les participants devaient sélectionner l'une des roues en cliquant sur l'un des deux boutons d'une souris.

Comme cela a déjà été fait dans plusieurs études portant sur la prise de décision des enfants et des adolescents (Van Leijenhorst et al., 2008), les participants devaient effectuer un choix entre une roue avantageuse en terme de valeur espérée et une roue attractive mais désavantageuse en terme de valeur espérée. Les roues avantageuses offraient des gains faibles (+10 ou +20) associés à des pertes faibles (-5 ou -10) et une forte probabilité de gagner (.70, .80 ou .90). Les roues désavantageuses mais attractives offrait des gains élevés (+90 ou +180) associés à des pertes élevées (-45 ou -90) et à une faible probabilité de gagner (.10, .20 ou .30). Ainsi, l'ensemble des informations pertinentes à la prise de décision était présenté aux participants à chaque essai. D'après ce design expérimental, 36 combinaisons de roues différentes ont été proposées aux participants. La position de la roue avantageuse et de la roue désavantageuse (à droite ou à gauche) a été contrebalancée au cours des essais et la présentation des roues a été randomisée. Une fois que le participant a effectué son choix (cf. Figure 41, a), un résultat est sélectionné en fonction des probabilités de gain et de perte de la roue choisie.

Deux types de feedbacks, un feedback *partiel* et un feedback *complet*, étaient successivement présentés aux participants afin d'induire expérimentalement de la déception et de la satisfaction ou du regret et du soulagement. Le premier feedback (feedback partiel) était présenté aux participants immédiatement après qu'ils aient effectué leur choix et une flèche blanche indiquait durant 4000ms si les participants avaient gagné ou perdu de l'argent (cf. Figure 41, b). Ainsi, le feedback partiel avait pour objectif d'induire de la déception (en cas de perte) ou de la satisfaction (en cas de gain).



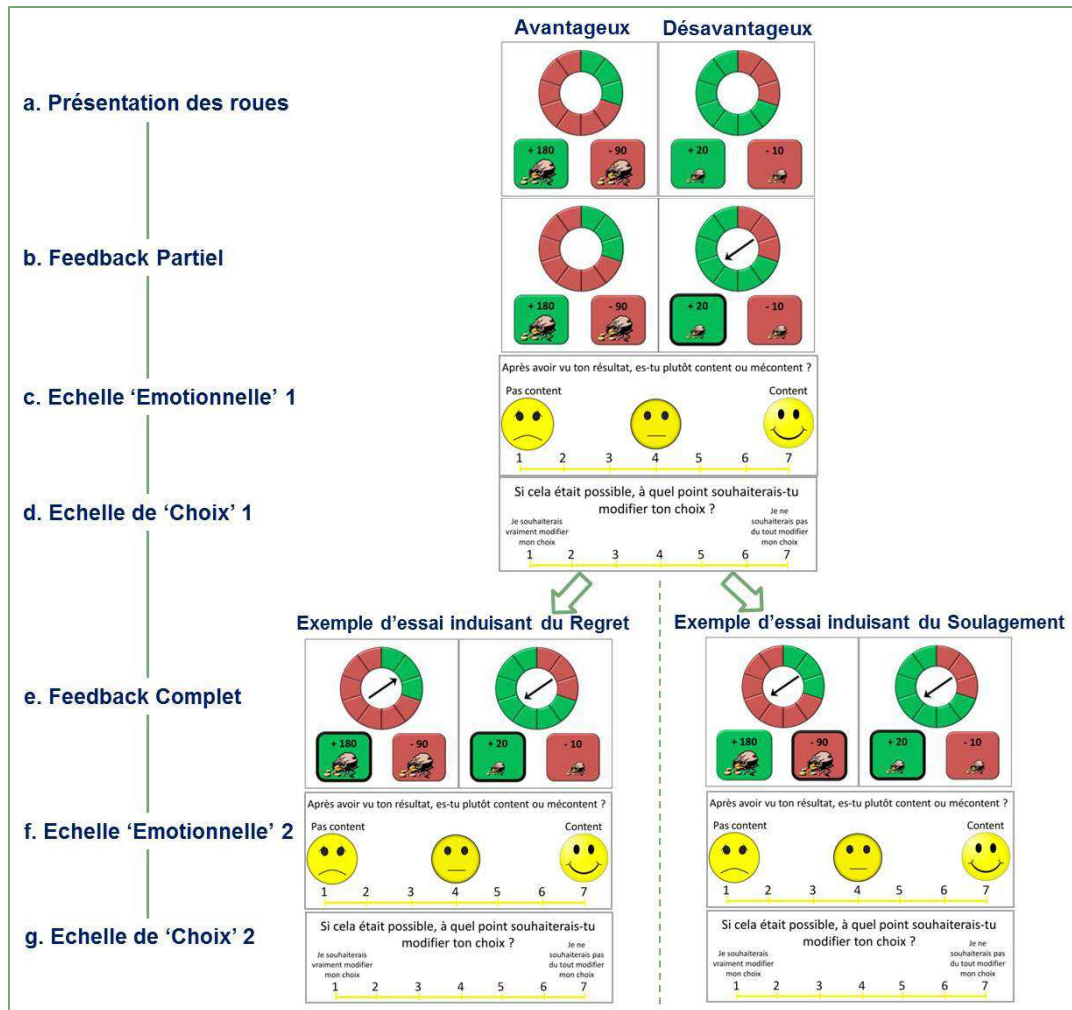


Figure 41 : Exemples d'essais induisant du regret ou du soulagement. Deux roues de la fortune sont présentées sur un écran d'ordinateur. A chaque essai, (a) le participant effectue un choix entre deux roues de la fortune et (b) une flèche indique ensuite le résultat obtenu (feedback partiel). Après avoir vu son résultat, (c) le participant doit indiquer s'il est plutôt content ou mécontent du résultat obtenu (échelle 'émotionnelle' 1) et (d) à quel point il souhaiterait modifier son choix (échelle de 'choix' 1). Puis, un second feedback indique (e) le résultat non obtenu (feedback complet) et le participant doit compléter (f) une seconde échelle émotionnelle et (g) une seconde échelle de choix.

Après le feedback partiel, les participants devaient compléter une échelle émotionnelle (cf. Figure 41, c), indiquant s'ils étaient plutôt contents ou mécontents du résultat qu'ils avaient obtenu, l'échelle émotionnelle allant de 1 (je ne suis pas content) à 7 (je suis content). Les participants devaient ensuite compléter une échelle de choix (cf. Figure 41, d), indiquant à quel point ils souhaitaient modifier leur choix initial après avoir vu leur résultat, l'échelle de choix allant de 1 (je souhaite vraiment modifier mon choix) à 7 (Je ne souhaite pas du tout modifier mon choix). Au cours de cette seconde échelle, les participants n'avaient pas réellement la possibilité de modifier leur choix, mais devaient indiquer à quel point ils souhaitaient le reconsidérer.

Lors du second feedback (feedback complet), une flèche blanche apparaissait sur la roue non choisie durant 4000ms (cf. Figure 41, e). Ainsi, les participants pouvaient comparer le résultat obtenu au résultat non obtenu (sur la roue non choisie). Ce feedback avait pour objectif d'induire soit du regret (lorsque la comparaison entre le résultat obtenu et le résultat non obtenu était défavorable aux participants), soit du soulagement (dans le cas contraire). Après le feedback complet, les participants devaient à nouveau compléter l'échelle émotionnelle et l'échelle de choix (cf. Figure 41, f et g).

Avant chaque session, les participants devaient d'abord effectuer deux essais d'entraînement pour se familiariser avec la séquence d'évènements. Après ces deux essais d'entraînement, tous les participants nous ont affirmé avoir compris la tâche et être capables de l'effectuer seuls. La durée de la tâche variait entre 8 et 13 minutes, en fonction du temps de réponse des sujets.

## Résultats

Nous avons tout d'abord analysé la proportion de choix avantageux et désavantageux pour chaque groupe d'âge afin de déterminer si les enfants, comme les adultes et les adolescents sont capables de choisir avantageusement.

Les participants (quel que soit le groupe d'âge) n'ayant pas suffisamment choisi les roues désavantageuses, nous avons analysé séparément l'échelle émotionnelle et l'échelle de choix des essais au cours desquels les participants ont effectué un choix avantageux.

L'analyse de l'échelle émotionnelle et de l'échelle de choix a été effectuée en fonction de quatre types de conditions : (i) une condition induisant un *soulagement minimal*, pour laquelle les participants ont obtenu une perte faible sur la roue sélectionnée mais auraient pu obtenir une perte plus élevée sur la roue non sélectionnée, (ii) une condition induisant un *regret minimal*, pour laquelle les participants ont obtenu un gain faible sur la roue sélectionnée mais auraient pu obtenir un gain plus élevé sur la roue non sélectionnée, (iii) une condition induisant un *soulagement maximal*, pour laquelle les participants ont obtenu un gain faible sur la roue sélectionnée mais auraient pu obtenir une perte élevée sur la roue non sélectionnée et (iv) une condition induisant un *regret maximal*, pour laquelle les participants ont obtenu une perte faible sur la roue sélectionnée mais auraient pu obtenir un gain élevé sur la roue non sélectionnée.

Afin d'étudier spécifiquement le ressenti du regret et du soulagement, nous avons basé nos analyses statistiques sur des scores de différence (voir également Weisberg & Beck,

2010), en soustrayant les résultats obtenus à l'échelle 1 (feedback partiel) de ceux obtenus à l'échelle 2 (feedback complet). Ainsi, les scores émotionnels et les scores de choix étaient compris entre -6 et +6. Pour les scores émotionnels, les scores négatifs reflétaient le ressenti du regret, tandis que les scores positifs reflétaient le ressenti du soulagement. Pour les scores de choix, les scores négatifs reflétaient la volonté de modifier son choix, tandis que les scores positifs reflétaient la volonté de maintenir son choix.

### Analyse de la prise de risque des participants

L'analyse de variance (ANOVA) à un facteur effectuée sur la proportion de choix avantageux révèle que les enfants ( $M = 69\%$ ,  $\sigma = 20$ ), les adolescents ( $M = 63\%$ ,  $\sigma = 23$ ) et les adultes ( $M = 63\%$ ,  $\sigma = 21$ ) sont capables de choisir avantageusement et ne diffèrent pas dans leur comportement de prise de risque,  $F(2,50) < 1$ . Ce résultat confirme les résultats d'études antérieures révélant l'absence de différences développementales dans la capacité à choisir de façon avantageuse dès l'âge de 8 ans (Van Leijenhorst et al., 2008). D'après ce résultat, toute différence développementale révélée par l'analyse des scores émotionnels et des scores de choix ne pourra être attribuée à des différences développementales dans les performances.

### Analyse des scores émotionnels

Dans un premier temps, nous avons effectué des tests T de Student pour chacune de nos quatre conditions (soulagement minimal, soulagement maximal, regret minimal et regret maximal) afin de déterminer si les scores émotionnels diffèrent significativement de zéro, ce qui suggérerait que les participants ressentent du regret (en cas de score émotionnel négatif) ou du soulagement (en cas de score émotionnel positif) (cf. Figure 42, ci-dessous). Toutes les valeurs des  $p$ , ont été corrigées à l'aide de la procédure de Bonferroni. Puis, nous avons effectué une ANOVA sur les scores émotionnels afin d'étudier les changements développementaux dans le ressenti du regret et du soulagement.

Les scores émotionnels diffèrent de zéro dans la condition de regret minimal et de regret maximal :  $M = -1.48$ ,  $t(18) = -3.73$ ,  $p < .01$  et  $M = -2.02$ ,  $t(18) = -4.80$ ,  $p < .001$  pour les enfants ;  $M = -1.40$ ,  $t(16) = -3.15$ ,  $p < .05$  et  $M = -1.53$ ,  $t(16) = -3.81$ ,  $p < .01$  pour les adolescents ; et  $M = -2.91$ ,  $t(16) = -5.39$ ,  $p < .001$  et  $M = -3.19$ ,  $t(16) = -7.85$ ,  $p < .001$ , pour les adultes, respectivement (cf. Figure 42, ci-dessous). Compte-tenu du fait que les scores émotionnels moyens sont significativement négatifs dans ces deux conditions, ces résultats suggèrent que les participants ont ressenti du regret quel que soit leur âge. Le ressenti du

soulagement est significatif pour les adolescents dans la condition de soulagement maximal,  $M = 0,91$ ,  $t(16) = 3,13$ ,  $p < .05$ , mais n'atteint pas le seuil de significativité dans la condition de soulagement minimal,  $M = 0,75$ ,  $t(16) = 2,39$ ,  $p = .09$ . En revanche, les enfants ressentent du soulagement dans la condition de soulagement maximal,  $M = 0,55$ ,  $t(18) = 2,89$ ,  $p < .05$ , tandis que les adultes ressentent du soulagement dans la condition de soulagement minimal,  $M = 0,98$ ,  $t(16) = 4,73$ ,  $p < .001$ , et dans la condition de soulagement maximal,  $M = 0,75$ ,  $t(16) = 3,12$ ,  $p < .05$ . Les données manquantes pour une condition donnée ont été remplacées par les moyennes obtenues à cette condition, pour un sujet donné. Les analyses supplémentaires effectuées ont révélé un pattern de résultats similaire.

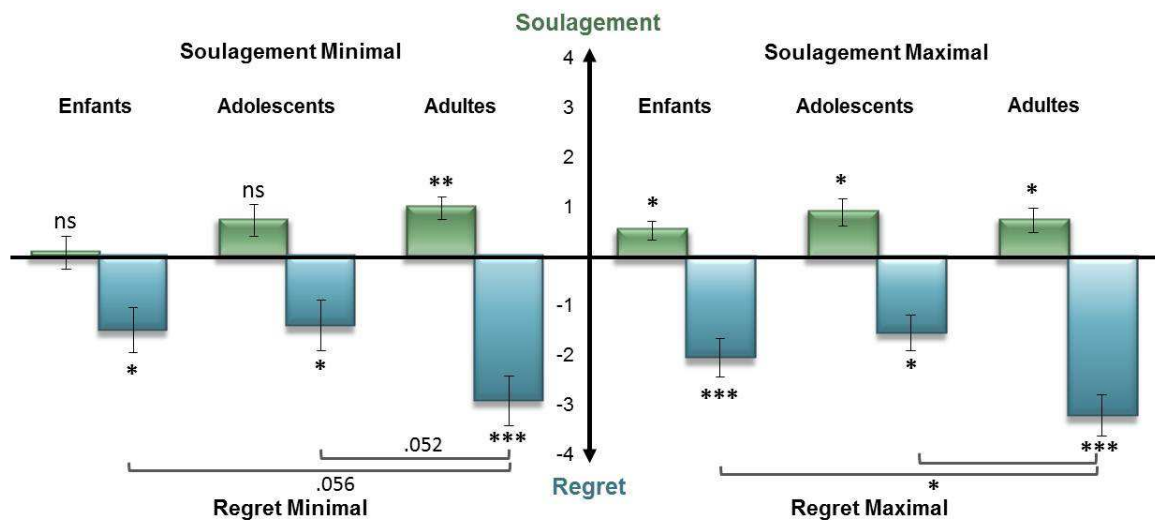


Figure 42 : Scores émotionnels moyens, obtenus en soustrayant les résultats obtenus à l'échelle 1 (feedback partiel) de ceux obtenus à l'échelle 2 (feedback complet), suite aux choix avantageux. Les scores émotionnels ont été analysés en fonction de quatre types de conditions : soulagement minimal, regret minimal, soulagement maximal et regret maximal. Afin d'étudier le regret et le soulagement, nous avons effectué des comparaisons à zéro à l'aide du test T de Student, corrigé par Bonferroni (ns non significatif, \* $p < .05$ , \*\* $p < .005$  et \*\*\* $p < .001$ ).

L'ANOVA à mesures répétées effectuée selon le plan 3 Ages (enfants, adolescents et adultes) x 4 Résultats (soulagement minimal, soulagement maximal, regret minimal et regret maximal) sur les scores émotionnels a révélé que ces scores différaient selon les groupes d'âge,  $F(2, 50) = 3,24$ ,  $p < .05$ ,  $\eta_p^2 = .12$ , et en fonction des quatre types de résultats,  $F(3, 50) = 57,95$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .54$ . De plus, l'âge des participants affecte significativement les scores émotionnels en fonction des quatre types de résultats,  $F(6, 150) = 2,73$ ,  $p < .05$ ,  $\eta_p^2 = .10$ . Les comparaisons planifiées effectuées à titre d'analyse post-hoc ont révélé que les scores émotionnels des enfants dans la condition de regret minimal sont inférieurs à ceux des adultes,  $t(34) = -0,60$ ,  $p = .056$ ,  $d = .72$  pour les enfants et  $t(32) = -1,59$ ,  $p = .052$ ,  $d = .72$  pour les adolescents. De façon similaire, dans la condition de regret maximal, les scores émotionnels des enfants et des adolescents sont inférieurs à ceux des adultes,  $t(34) = -2,41$ ,  $p < .01$ ,  $d = 0,70$  pour les enfants et  $t(32) = -3,47$ ,  $p < .001$ ,  $d = 1,75$  pour les adolescents. Notons que la

comparaison entre les conditions de soulagement minimal et de soulagement maximal n'est pas significative chez les enfants,  $t(18) = 1,78$ ,  $p = .25$ .

Nous avons également effectué un test T de Student sur la base de la valeur absolue des scores émotionnels, afin de comparer l'amplitude avec laquelle sont ressenties ces émotions. La différence entre regret minimal et soulagement minimal est significative,  $t(53) = 5,37$ ,  $p < .001$ , ainsi que la différence entre regret maximal et soulagement maximal,  $t(53) = 4,75$ ,  $p < .001$ .

Enfin, l'ANOVA à mesures répétées effectuée sur l'échelle émotionnelle 1 n'a révélé aucun effet de l'âge,  $F(2,49) = 1,72$ ,  $p = .19$  ou du type de résultat,  $F(1,49) = 2,66$ ,  $p = .11$ , indiquant que les trois groupes d'âge étaient globalement satisfaits d'avoir effectué un choix avantageux, quel que soit le résultat obtenu.

### Analyse des scores de choix

Comme nous l'avons fait pour les scores émotionnels, nous avons d'abord effectué des comparaisons à zéro à l'aide des tests T de Student pour chacun des quatre types de résultats, afin de déterminer si les scores de choix différaient de zéro, ce qui tendrait à suggérer que les participants souhaitent modifier leur choix initial (en cas de score négatif) ou souhaitent maintenir leur choix (en cas de score positif) (cf. Figure 43, ci-dessous). Toutes les valeurs des p ont été corrigées à l'aide de la procédure de Bonferroni. Nous avons ensuite effectué une ANOVA à mesures répétées sur les scores de choix pour étudier les effets développementaux.

Les adultes et les adolescents souhaitent modifier leur choix dans la condition de regret minimal,  $M = -3,16$ ,  $t(16) = -5,43$ ,  $p < .001$  pour les adultes et  $M = -1,87$ ,  $t(16) = -4,67$ ,  $p < .005$  pour les adolescents, et dans la condition de regret maximal,  $M = -2,88$ ,  $t(16) = -4,55$ ,  $p < .001$  pour les adultes et  $M = -2,63$ ,  $t(16) = -3,60$ ,  $p < .01$  pour les adolescents. Les enfants souhaitent modifier leur choix initial dans la condition de regret maximal,  $M = -1,53$ ,  $t(18) = -3,18$ ,  $p < .05$ , mais pas dans la condition de regret minimal,  $M = -0,49$ ,  $t(18) = 1,27$ . Les enfants et les adultes souhaitent maintenir leur choix initial dans la condition de soulagement maximal,  $M = 0,63$ ,  $t(18) = 3,24$ ,  $p < .05$  pour les enfants et  $M = 0,77$ ,  $t(16) = 4,74$ ,  $p < .001$  pour les adultes, mais les adolescents n'expriment pas de préférence dans cette condition de soulagement maximal,  $M = 0,68$ ,  $t(16) = 1,95$ ,  $p = .07$ . Notons que le groupe d'adolescents est caractérisé par une grande variabilité interindividuelle, qui est plus forte que celle des enfants,  $F(16,18) = 2,56$ ,  $p < .05$  et celle des adultes,  $F(16,16) = 3,23$ ,  $p < .025$ . Enfin, seuls les adultes souhaitent maintenir leur choix dans la condition de soulagement

minimal,  $M = 1,09$ ,  $t(16) = 4,23$ ,  $p < .005$ . Dans cette condition, les enfants et les adolescents n'expriment pas de préférence concernant la reconsidération de leur choix initial,  $M = 0,30$ ,  $t(18) = 1,03$  pour les enfants et  $M = 0,10$ ,  $t(16) = 0,71$  pour les adolescents.

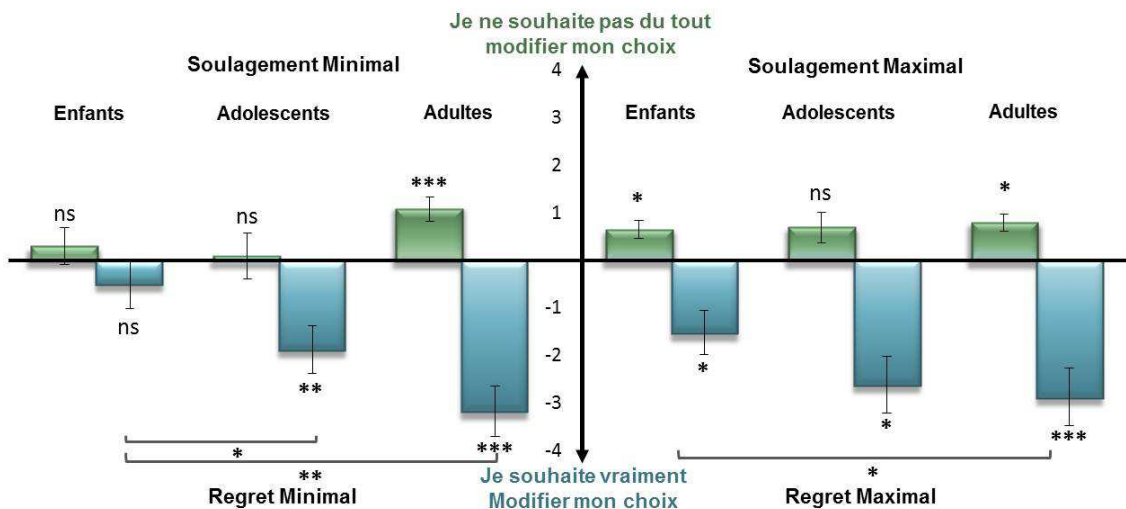


Figure 43 : Scores de choix moyens, obtenus en soustrayant les résultats obtenus à l'échelle 1 (feedback partiel) à ceux obtenus à l'échelle 2 (feedback complet), suite aux choix avantageux. Les scores émotionnels ont été analysés en fonction de quatre types de conditions : soulagement minimal, regret minimal, soulagement maximal et regret maximal. Afin d'étudier le regret et le soulagement, nous avons effectué des comparaisons à zéro à l'aide du test T de Student, corrigé par Bonferroni (ns non significatif, \* $p < .05$ , \*\* $p < .005$  et \*\*\* $p < .001$ ).

L'ANOVA à mesures répétées effectuée selon le plan 3 Ages (enfants, adolescents et adultes) x 4 Résultats (soulagement minimal, soulagement maximal, regret minimal et regret maximal) sur les scores de choix a révélé que ces scores différaient en fonction du type de résultat,  $F(3,150) = 36,7$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .42$ , mais pas en fonction de l'âge,  $F(2,50) = 2,87$ ,  $p = .07$ . L'interaction entre l'âge et le type de résultat est significative,  $F(6,150) = 2,54$ ,  $p < .05$ ,  $\eta_p^2 = .09$ . Les comparaisons planifiées effectuées à titre de comparaison Post-Hoc ont révélé que les enfants éprouvent moins le souhait de modifier leur choix initial que les adolescents,  $t(34) = -2,41$ ,  $p < .01$ ,  $d = 0,66$ , et les adultes,  $t(34) = -3,00$ ,  $p < .005$ ,  $d = 1,23$ , dans la condition de regret minimal. De façon similaire, dans la condition de regret maximal, les enfants éprouvent moins le souhait de modifier leur choix initial que les adultes,  $t(34) = -1,70$ ,  $p < .05$ ,  $d = 0,61$ . Aucune autre différence développementale n'est significative.

Enfin, nous avons effectué un test T de Student sur la base de la valeur absolue des scores émotionnels, afin de comparer l'amplitude avec laquelle sont ressenties ces émotions. L'amplitude du regret est supérieure à celle du soulagement dans la condition où les émotions sont minimales,  $t(53) = 4,03$ ,  $p < .001$  et dans la condition où les émotions sont maximales  $t(53) = 6,27$ ,  $p < .001$ .



## Discussion

L'analyse des scores émotionnels met en évidence des différences développementales pour les deux types d'émotions contrefactuelles étudiées (regret et soulagement). Si tous les participants éprouvent du regret dans les deux conditions suscitant du regret, qu'il soit maximal ou minimal, le ressenti émotionnel des enfants et des adolescents est réduit par rapport à celui des adultes. Bien que tous les participants éprouvent du soulagement dans la condition de soulagement maximal, les enfants ne semblent pas éprouver de soulagement lorsqu'ils ont perdu une faible somme d'argent et ont évité une perte plus élevée (condition de soulagement minimal).

Les résultats développementaux rapportés dans cette étude sont cohérents avec l'hypothèse d'une maturation tardive du cortex orbitofrontal (Gogtay et al., 2004), région cérébrale qui joue un rôle essentiel dans la capacité à ressentir des émotions contrefactuelles (Coricelli et al., 2007). Ces résultats sont également en accord avec une étude récente indiquant que les processus de prise de décision émotionnels dits « chauds » (comme c'est le cas dans notre étude) se développent relativement tardivement (Prencipe et al., 2011).

Contrairement aux résultats obtenus par Burnett et al. (2010), cette étude met non seulement en évidence des différences développementales dans le ressenti du soulagement mais également dans le ressenti du regret. Cette différence peut être liée à la variable dépendante utilisée pour mesurer les émotions contrefactuelles dans notre étude. Contrairement à Burnett et al. (2010), nous avons en effet basé nos analyses sur des scores de différence (Weisberg & Beck, 2010) afin d'évaluer spécifiquement le ressenti du regret et du soulagement. Ces résultats sont en revanche cohérents avec ceux observés dans une autre étude récente (Rafetseder & Perner, 2012) mettant en évidence un développement progressif du regret de l'enfance à l'adolescence, ce ressenti atteignant son niveau maximal dans le groupe de participants adultes.

Le fait que les enfants de 10-12 ans ne ressentent pas de soulagement dans la condition de soulagement minimal est surprenant compte-tenu des résultats obtenus par Weisberg et Beck (2010), mettant en évidence la capacité à ressentir du soulagement dès l'âge de 7 ans. A nouveau, des différences méthodologiques entre notre étude et la leur peuvent rendre compte de ces différences. Dans notre étude, les participants étaient confrontés à une tâche de prise de décision financière à risque, dans laquelle ils pouvaient effectuer leurs choix sur la base des probabilités de gain et de perte et du résultat possible de chaque roue, ce qui n'était pas le cas dans l'étude de Weisberg et Beck (2010).



Par ailleurs, la capacité des enfants à éprouver du soulagement après un gain faible (condition de soulagement maximal) et non après une perte faible suggérerait que ce groupe d'âge est généralement plus sensible à la perte obtenue. Il éprouverait alors des difficultés à faire une distinction entre deux résultats négatifs, se focalisant sur la perte qu'ils ont obtenue et non sur la perte à laquelle ils ont échappé. Ce résultat est cohérent avec le résultat de Weisberg & Beck (2012), qui ont distingué quatre types de résultats (regret après une perte, regret après un gain, soulagement après une perte et soulagement après un gain). Weisberg et Beck (2012) ont montré que le soulagement après une perte initiale (correspondant à notre soulagement minimal) est ressenti plus tardivement que le soulagement après un gain initial (correspondant à notre soulagement maximal). Enfin, ces résultats suggéreraient que les résultats négatifs sont un indicateur plus précis du développement du soulagement chez l'enfant et l'adolescent.

Nous avons relevé de fortes différences d'amplitude entre le ressenti du regret et le ressenti du soulagement. Les analyses effectuées sur la base des valeurs absolues des scores de regret et de soulagement mettent en évidence une différence significative entre le regret minimal et le soulagement minimal et entre le regret maximal et le soulagement maximal. Ces résultats sont en accord avec l'affirmation de Kahneman et Tversky selon laquelle « les pertes pèsent plus lourds que les gains » et confirment que l'amplitude des émotions négatives ressenties suite à une perte est plus importante que l'amplitude des émotions positives associées au gain (Kahneman & Tversky, 1979, p. 279). Ici, le regret associé à une perte relative est plus fort que le soulagement associé à un gain relatif. Nous observons également que les pertes et les gains contrefactuels pèsent plus lourds que des gains ou des pertes isolés, ce qui se traduit par des scores émotionnels différents de zéro.

D'un point de vue méthodologique, on peut se demander si les résultats développementaux observés en analysant les scores émotionnels ne sont pas liés à des différences développementales se produisant lors de la passation de l'échelle émotionnelle 1 (de feedback partiel). Cependant, l'analyse statistique effectuée sur l'échelle émotionnelle 1 a révélé que les résultats obtenus par les enfants étaient similaires à ceux obtenus par les adultes et les adolescents. Ainsi, la tendance développementale mise en évidence via les scores émotionnels ne peut être attribuée aux feedbacks partiels.

La nature contrefactuelle de la déception est sujette à débat. Guttentag et Ferrell (2008) soutiennent par exemple que la déception est une émotion contrefactuelle qui est ressentie lorsque le résultat obtenu est pire qu'espéré. L'analyse des résultats aux échelles émotionnelles 1 (du feedback partiel) ne révèle pas de différence significative entre le ressenti

du regret et le ressenti de la satisfaction, ce qui est cohérent avec la proposition de Mandel (2003) selon laquelle la déception est basée sur des attentes qui ne se matérialisent jamais et est plus générale que le regret, qui est basé sur une comparaison entre différentes alternatives faisant suite à une décision prise par un individu. De plus, selon Mandel (2003), la déception est moins liée à la disponibilité contrefactuelle que le regret. De notre point de vue, l'une des distinctions clés entre la déception et le regret est le degré de saillance de l'alternative contrefactuelle. Ainsi, contrairement à la déception (associée à des attentes contrefactuelles implicites), le regret est basé sur un conflit entre deux résultats explicites.

Les émotions contrefactuelles dépendant directement du choix effectué par les participants, nous avons étudié l'impact de ces émotions sur la volonté des participants de modifier leur choix initial. Comme cela était attendu, le ressenti des émotions contrefactuelles est fortement lié à la volonté des participants de reconsidérer ou non leur choix initial. Les participants souhaitent généralement modifier leur choix initial lorsqu'ils ont ressenti du regret et maintenir leur choix initial lorsqu'ils ont ressenti du soulagement. En revanche, bien que les enfants aient éprouvé un regret significatif dans la condition de regret, ils ne souhaitent pas reconsidérer leur choix initial. En considérant uniquement ce résultat, l'on pourrait penser que l'échec des enfants à exprimer une volonté de modifier leur choix dans la condition de regret minimal (après avoir obtenu un gain faible et manqué un gain élevé) est le reflet d'un manque de compréhension de l'échelle de choix. Cependant, les scores de choix des enfants diffèrent de zéro dans les conditions de regret maximal et de soulagement maximal, ce qui montre que les enfants fournissent des réponses différentes à l'échelle de choix 1 (feedback partiel) par rapport à l'échelle de choix 2 (feedback complet), prenant ainsi en compte le résultat contrefactuel dans leur réponse au feedback complet. Nous sommes donc confiants dans la capacité des enfants à comprendre les instructions concernant l'échelle de choix.

Dans la condition de regret maximal, les adolescents n'ont pas exprimé le souhait de maintenir leur choix initial, contrairement aux enfants et aux adultes. Ce résultat est surprenant et doit être analysé avec précaution compte-tenu de la grande variabilité interindividuelle qui caractérise ce groupe et qui est plus forte que celle des enfants et des adultes.

Nous pouvons à nouveau relever de fortes différences d'amplitude entre la volonté de modifier son choix suite à une condition de regret et suite à une condition de soulagement. Les analyses effectuées sur la base des valeurs absolues des scores de choix mettent en évidence une différence significative, d'une part, entre les scores obtenus en condition de

regret minimal et de soulagement minimal et, d'autre part, entre les scores obtenus en condition de regret maximal et de soulagement maximal. Ces résultats sont le reflet des résultats observés lors de l'analyse du score émotionnel. Ils confirment l'impact important des émotions négatives par rapport aux émotions positives, non seulement lors du ressenti du regret et du soulagement, mais également lorsqu'il s'agit de reconsidérer son choix suite à ce ressenti.

L'un des résultats les plus intéressants concernant les scores de choix est la dissociation que nous observons entre le ressenti d'une émotion contrefactuelle (regret minimal) et la volonté des participants de reconsidérer leur choix initial. Ce résultat est observé lorsque les participants ont obtenu un gain faible mais ont manqué un gain plus important. Dans cette condition, la saillance de l'alternative contrefactuelle serait réduite car les participants se focaliseraient sur le gain qu'ils ont obtenu. Les enfants semblent éprouver des difficultés à penser de façon contrefactuelle et à exprimer un souhait de modifier leur choix initial lorsque le résultat obtenu est déjà positif. Ce résultat serait le reflet d'une dissociation développementale de nuance entre le ressenti et l'action. De façon intéressante, une dissociation similaire a été observée dans une tâche de prise de décision sous ambiguïté (l'Iowa Gambling task) chez des enfants et des adolescents du même âge que ceux qui ont participé à notre étude (Cassotti, Houdé, & Moutier, 2011).

Les résultats obtenus à l'aide de l'échelle de choix révèlent l'importance d'utiliser à la fois une échelle émotionnelle et une échelle de choix pour étudier de façon précise le développement des émotions dites contrefactuelles, comme le regret et le soulagement, et dans une plus large mesure le développement de l'habileté à considérer ces émotions à travers une évaluation métacognitive des choix pour s'adapter aux situations nouvelles.

## Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence le développement progressif de l'habileté à ressentir des émotions contrefactuelles de l'enfance à l'âge adulte, en accord avec l'implication du cortex orbitofrontal dans le ressenti du regret. En particulier, le ressenti subjectif du regret chez les enfants et les adolescents est significatif, mais il est réduit comparé au regret ressenti par les adultes. De plus, nos résultats montrent que le regret conduit les adultes à reconsidérer leur choix initial, alors qu'il ne conduit pas systématiquement les enfants au même ajustement comportemental.

La présente étude alimente le débat actuel sur l'influence d'émotions cognitives complexes dans la prise de décision à risque et leur rôle développemental spécifique dans la reconsidération d'un choix initial et l'aspiration au changement. Cette étude alimente également le débat selon lequel les gains et les pertes relèveraient de systèmes comportementaux et neuraux distincts (Ernst et al., 2006, Levin, Xue, Weller, Reimann, Lauriola & Bechara, 2012).

Enfin, sachant que le système de gestion des récompenses (Chein et al., 2011) est fortement influencé par la prégnance du contexte socio-émotionnel, des études ultérieures se focalisant sur cette influence nous permettraient de mieux comprendre comment le ressenti du regret est modulé dans la vie quotidienne.

## Etude 4 – Influence du contexte socio-émotionnel à l'adolescence : Etude développementale du ressenti du regret social et du soulagement social

---

### Résumé

*Le processus de prise de décision, qui est fortement lié aux émotions, serait influencé par différents systèmes, associés à des aires cérébrales spécifiques : un système de contrôle cognitif, un système motivationnel (de gestion des gains) et un système d'évitement (de gestion des pertes). Si de nombreuses études se sont focalisées sur l'hypersensibilité aux récompenses des adolescents, nous connaissons peu de choses sur leur sensibilité aux pertes. Afin d'étudier l'impact d'un contexte socio-émotionnel prégnant sur la gestion des gains et des pertes, des enfants (11-12 ans), des adolescents (14-15 ans) et des adultes (18-22 ans) ont participé à une tâche de prise de décision permettant d'induire du regret ou du soulagement. Les participants ont par ailleurs été informés que leurs résultats seraient comparés à ceux d'un camarade de classe tout au long de la tâche, leur objectif étant de gagner plus d'argent que ce dernier. Après avoir découvert leur résultat et celui de leur concurrent, les participants devaient compléter une échelle émotionnelle et une échelle de choix. L'analyse de ces variables met en évidence une modulation importante du ressenti du regret et du soulagement à l'adolescence en contexte socio-émotionnel prégnant. Ce contexte contribue en effet à réduire de façon significative le ressenti du regret et à augmenter le ressenti du soulagement suite à l'obtention d'un résultat négatif. Ainsi, le contexte de compétition sociale semble biaiser l'évaluation rationnelle du regret et du soulagement à l'adolescence, certaines situations étant perçues comme plus désirables par rapport à un contexte de jeu individuel. Ce résultat est en accord avec la proposition selon laquelle il existerait un déséquilibre entre le système d'évitement et le système motivationnel en faveur de ce dernier.*

## Introduction

L'adolescence est connue pour être une période au cours de laquelle la prise de risque est accrue dans des situations de la vie quotidienne (Casey, Getz, & Galvan, 2008). Paradoxalement, les adolescents présentent souvent des capacités de prise de décision similaires à celles des adultes, en particulier lorsqu'il s'agit d'estimer les probabilités et les récompenses potentielles, mais également d'utiliser cette information dans des paradigmes expérimentaux de prise de décision (Reyna & Farley, 2006; Van Leijenhorst, Westenberg, & Crone, 2008). Afin de rendre compte de ce paradoxe, les modèles neurobiologiques récents ont postulé l'implication de différents systèmes dans la prise de décision, associés à des réseaux cérébraux spécifiques : un système de contrôle cognitif, un système motivationnel (Chein et al., 2011) et un système d'évitement des punitions (Ernst et al., 2006).

Plus précisément, les études conduites en neuroimagerie développementale (Chein et al., 2011; Galvan et al., 2006) ont révélé que le système de contrôle cognitif constitue un support à la prise de décision orientée vers un but et implique le cortex préfrontal latéral (LPFC), tandis que le système motivationnel, qui est basé sur l'évaluation subjective et la prédiction des récompenses potentielles et qui peut biaiser la prise de décision des individus, implique le striatum ventral (SV) et le cortex orbitofrontal (OFC). A l'adolescence, ce système motivationnel est très sensible et fortement développé, comparé aux régions de contrôle cognitif (Casey et al., 2008; Ernst et al., 2006).

Ainsi, les adolescents semblent plus à même de s'engager dans des comportements de prise de risque et plus sensibles aux récompenses que les adultes (Van Leijenhorst et al., 2008). Ceci est particulièrement vrai lors de situations mettant en jeu un contexte socio-émotionnel fort, pour lesquelles le système motivationnel tend à prévaloir sur le système de contrôle cognitif (Albert & Steinberg, 2011; Casey et al., 2008). De façon intéressante, Ernst et al. (2006) ont enrichi les modèles neuro-développementaux en postulant que le comportement des individus est influencé de façon simultanée par l'activité d'un système d'évitement des punitions, qui est très sensible aux pertes. De leur point de vue, l'activité du système de gestion des récompenses (ou système motivationnel) prévaut sur le système d'évitement des punitions à l'adolescence, tandis que le système immature de contrôle cognitif échoue à équilibrer ces deux systèmes. Du fait de ce déséquilibre, les adolescents seraient moins sensibles aux risques et s'engageraient plus souvent dans des comportements de prise de risque.

A ce jour, de nombreuses études se sont focalisées sur l'hypersensibilité des adolescents aux récompenses et sur l'influence d'un contexte socio-émotionnel prégnant (présence de pairs ou condition de compétition, par exemple) sur le système motivationnel (Casey et al., 2008; Chein et al., 2011; Ernst et al., 2005; Galvan, 2010; Galvan et al., 2006; Gardner & Steinberg, 2005; Van Leijenhorst et al., 2010), mais nous connaissons peu de choses sur le système d'évitement et sur la sensibilité des adolescents aux pertes. Par ailleurs, les rares études ayant examiné l'activité du système d'évitement et la sensibilité des adolescents aux pertes ont conduit à des conclusions discordantes. Certaines études ont révélé un déficit relatif des adolescents par rapport aux adultes dans la capacité à anticiper et à apprendre à partir de résultats négatifs (Van Leijenhorst et al., 2008; Albert & Steinberg, 2011), alors que d'autres études ont révélé une sensibilité aux pertes accrue à l'adolescence (Aïte, et al., 2012; Cassotti et al., 2010).

Cette méconnaissance de la sensibilité aux pertes des adolescents est regrettable, compte-tenu du fait que certaines émotions négatives – comme le regret – peuvent significativement contribuer à réduire les comportements à risque à l'âge adulte, comme à l'adolescence (Conner et al., 2006; Richard, et al., 1996).

Rappelons que, parmi les émotions négatives, le regret est une émotion complexe, liée à la pensée contrefactuelle (Ritov, 1996). Cette émotion est basée sur la comparaison entre ce qui est advenu et ce qui aurait pu advenir (Zeelenberg & Pieters, 2007). Nous ressentons du regret lorsque la situation aurait pu être meilleure si nous avions fait un choix différent, alors que nous ressentons du soulagement dans le cas contraire. Ainsi, ces émotions découlent directement du choix effectué par un individu et sont associées à un fort sentiment de responsabilité (Habib et al., 2012; Mellers, Schwartz, & Ritov, 1999). De plus, le regret et le soulagement peuvent constituer des prédicteurs sensibles du choix qui sera effectué par les individus (Bar-Hillel & Neter, 1996). Bien que les enfants soient capables de ressentir du regret dès l'âge de 4-7 ans, les études conduites sur les enfants et les adolescents ont révélé que la capacité à ressentir du regret continue à se développer au cours de l'enfance et de l'adolescence (Habib et al., 2012; Rafetseder & Perner, 2012).

Le regret est une émotion qui peut être ressentie à propos d'expériences passées, présentes ou futures (Zeelenberg & Pieters, 2007). Les études qui se sont focalisées sur le rôle de l'anticipation du regret sur la prise de décision à l'adolescence ont révélé que le regret est une émotion hautement adaptative qui peut avoir un impact significatif sur la prise de décision à risque. Ainsi, le fait d'inciter les adolescents à anticiper le regret qu'ils ressentiraient après un comportement risqué contribue à diminuer de façon significative l'intention de s'engager



dans de tels comportements (Conner et al., 2006; Richard et al., 1996). Par ailleurs, moins les adolescents sont enclins à se focaliser sur l'anticipation du regret et sur l'importance d'éviter les conséquences négatives d'une décision risquée, plus ils sont enclins à s'engager dans des comportements de prise de risque (Caffray & Schneider, 2000). Pourtant, à notre connaissance, aucune étude ne s'est focalisée sur l'influence d'un contexte socio-émotionnel prégnant sur le traitement des pertes et sur le ressenti du regret dans une perspective développementale. Par ailleurs, aucune étude ne s'est intéressée au développement d'une forme de regret et de soulagement que nous appellerons « sociale », le regret social correspondant au sentiment que l'on éprouve lorsque nous avons manqué une opportunité mais que notre concurrent l'a saisie et le soulagement social correspondant à son pendant inverse.

Par conséquent, l'objectif de cette étude est d'examiner le développement de la capacité à ressentir du regret et du soulagement dans un contexte socio-émotionnel prégnant, ainsi que son influence sur la capacité des enfants, des adolescents et des adultes à reconsidérer leur choix.

Afin d'étudier l'impact d'un contexte socio-émotionnel prégnant sur la capacité à ressentir du regret et du soulagement sociaux, des enfants (11 ans 8 mois), des adolescents (14 ans 5 mois) et des adultes (20 ans 2 mois) ont participé à une tâche de prise de décision adaptée de l'étude de Habib et al. (2012). Dans la vie quotidienne, les adolescents sont fréquemment entourés par leurs amis et sont constamment encouragés à la comparaison avec leur pairs et leurs camarades de classes. C'est pour cette raison que nous avons choisi d'étudier une situation de compétition avec un camarade de classe, situation qui nous a semblé être très proche de ce qui se produit effectivement dans la vie quotidienne. De plus, les études ayant examiné l'influence de la comparaison sociale à l'âge adulte (Bault, et al., 2008; Bault, et al., 2011) ont révélé un impact plus fort des récompenses, par rapport aux punitions, dans un environnement social. Ces études ont également révélé une activité plus importante du système motivationnel – SV bilatéral et OFC – lors des gains relatifs sociaux (soulagement) et lors des pertes relatives sociales (regret). Dans notre étude, les participants sont informés qu'ils devront jouer contre un camarade de classe et que leur résultat sera comparé à celui de l'autre joueur tout au long du déroulement du jeu. Ils ont pour consigne d'effectuer un choix entre deux options – deux roues de la fortune – avant de découvrir le résultat obtenu (sur la roue sélectionnée) et le résultat obtenu par leur adversaire (sur la roue non sélectionnée). Par une manipulation des résultats, nous avons pu induire soit du regret,

soit du soulagement. Finalement, les participants devaient compléter une échelle émotionnelle et une échelle de choix (Camille et al., 2004; Chua, et al., 2009; Habib et al., 2012).

D'après les études princeps, les adolescents devraient être plus influencés par le contexte socio-émotionnel de compétition que les enfants et les adultes. Si, dans ce contexte socio-émotionnel prégnant, les adolescents sont hypersensibles aux récompenses et si l'activité du système motivationnel de récompense tend à prédominer à cet âge (Chein et al., 2011, Ernst et al., 2006), ils devraient faire preuve d'une sensibilité accrue aux gains et ressentir un sentiment de soulagement plus important. De plus, compte tenu de l'importance de l'anticipation du regret dans la prévention des comportements à risque, le ressenti du regret social devrait être plus faible à l'adolescence par rapport aux autres groupes de participants. Enfin, leur volonté de reconsidérer leur choix dans les situations de regret devrait être atténuée par rapport aux enfants et aux adultes.

## Méthode

### Participants

Nous avons recruté 54 participants qui ont participé à cette étude sur la base du volontariat : 18 enfants ( $M = 11,8$  ans,  $\sigma = 0,43$ ), 18 adolescents ( $M = 14,5$  ans,  $\sigma = 0,40$ ) et 18 étudiants en licence de psychologie ( $M = 20,2$  ans,  $\sigma = 1,48$ ). Un consentement parental écrit a été obtenu pour les enfants et les adolescents avant chaque session. Les participants ont été testés en accord avec les normes nationales et internationales régissant la participation d'êtres humains.

### Procédure

La tâche utilisée est une tâche informatisée adaptée de l'étude de Habib et al. (2012 ; cf. procédure de l'étude 3, p. 142). Les participants ont été confrontés à une tâche de prise de décision à risque, composée de 36 essais et impliquant des gains et des pertes potentiels. Les participants avaient pour objectif de gagner le plus d'argent possible. Pour ce faire, deux roues de la fortune étaient présentées sur un écran d'ordinateur. Les participants devaient sélectionner l'une de ces deux roues en cliquant sur l'une des touches de la souris. A chaque essai, les participants devaient effectuer un choix entre une roue avantageuse en termes de valeur espérée mais peu attractive (combinant des gains faibles à de fortes probabilités de gain) et une roue attractive mais désavantageuse en termes de valeur espérée (combinant des gains élevés à de faibles probabilités de gain).

L'ensemble des informations pertinentes à la prise de décision (les probabilités de gain et de pertes, ainsi que les résultats potentiels) étaient exposés de façon explicite au début de chaque essai (cf. Figure 44, ci-dessous). Une fois le choix du participant effectué (Figure 44, a.), un résultat était sélectionné par le programme en fonction des probabilités de gain et de perte de la roue sélectionnée.

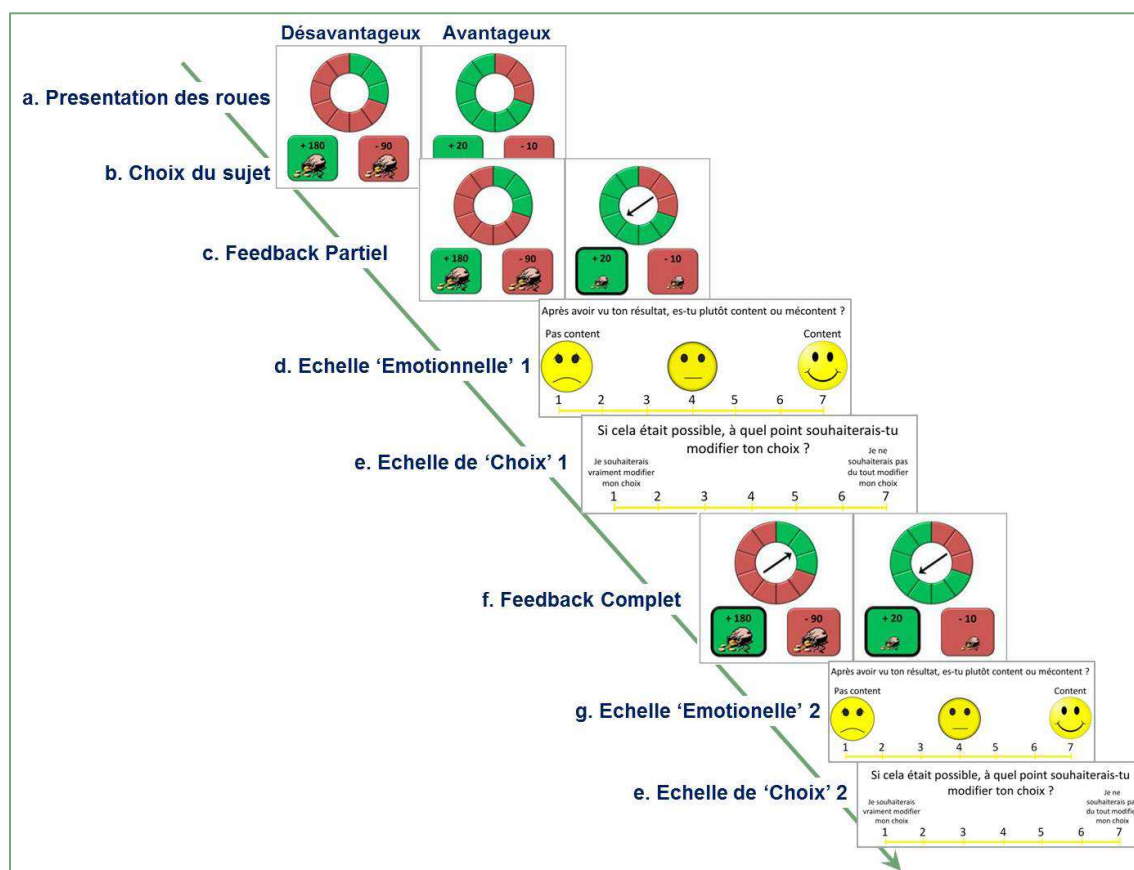


Figure 44 : Illustration de la procédure expérimentale utilisée lors de cette tâche. Au début de chaque essai, (a) deux roues de la fortune sont présentées sur un écran d'ordinateur, (b) le participant doit effectuer un choix entre ces deux roues et (c) une flèche indique ensuite le résultat obtenu (feedback partiel). Après avoir vu son résultat, (d) le participant doit indiquer s'il est plutôt content ou mécontent du résultat obtenu (échelle 'émotionnelle' 1) et (e) à quel point il souhaiterait modifier son choix (échelle de 'choix' 1). Puis, un second feedback indique (f) le résultat obtenu par le concurrent ainsi que le résultat obtenu par le participant (feedback complet) et le participant doit à nouveau compléter (g) une échelle émotionnelle et (h) une échelle de choix.

Au début de l'expérience, nous avons fait croire aux participants qu'ils allaient jouer à ce jeu contre un autre élève du collège (pour les enfants et les adolescents) ou contre un autre étudiant de l'université (pour les adultes). Ils étaient informés que leurs choix seraient comparés à ceux de leur concurrent et qu'ils seraient tenus informés du résultat obtenu par ce dernier à chaque essai.

Deux types de feedbacks étaient successivement présentés aux participants, un feedback partiel et un feedback complet. Lors du feedback partiel, les participants visualisaient le résultat qu'ils avaient obtenu sur la roue sélectionnée durant 4000ms (Figure

44, c.). Ainsi, ce feedback avait pour objectif d'induire soit de la déception (en cas de perte) soit de la satisfaction (en cas de gain). Après le feedback partiel, les participants devaient compléter une échelle 'émotionnelle' allant de 1 (je ne suis pas content) à 7 (je suis content) et une échelle de 'choix' allant de 1 (je souhaite modifier mon choix) à 7 (je ne souhaite pas du tout modifier mon choix ; Figure 44, d. et e.).

Lors du feedback complet (Figure 44, f.), les participants visualisaient le résultat obtenu par leur concurrent durant 4000ms. Ils avaient ainsi la possibilité de comparer leur résultat à celui de leur compétiteur. Le feedback complet avait pour objectif d'induire du regret social (lorsque la comparaison entre les deux résultats est défavorable au participant) ou du soulagement social (dans le cas contraire). Enfin, les participants devaient à nouveau compléter une échelle émotionnelle et une échelle de choix (Figure 44, g. et h.).

Les participants ont tout d'abord effectué deux essais d'entraînement, afin de se familiariser avec la séquence d'évènements. Après ces deux essais, tous les participants se sont dits confiant dans leur capacité à effectuer seul la tâche. La durée de la tâche variait entre 8 et 13 minutes, en fonction du temps de réponse des participants.

## Résultats

Nous avons tout d'abord analysé la proportion de choix avantageux et désavantageux pour chaque groupe d'âge, afin de déterminer si tous les participants étaient capables de choisir de façon avantageuse. Puis, nous avons analysé les résultats des échelles émotionnelles et des échelles de choix afin d'étudier les différences développementales dans le ressenti du regret et du soulagement et dans la volonté de reconsidérer un choix initial.

### Analyse de la prise de risque

L'analyse de variance (ANOVA) à un facteur effectuée sur la proportion de choix avantageux n'a révélé aucun effet de l'âge sur le comportement de prise de risque des participants,  $F(2,51) < 1$ . La proportion moyenne de choix avantageux était supérieure à 66%, quel que soit le groupe d'âge considéré. Ainsi, les différences développementales qui émergeraient de l'analyse des échelles émotionnelles et des échelles de choix ne peuvent être attribuées à des différences de performance.

### Analyse des scores émotionnels et des scores de choix

Nous avons analysé séparément les scores émotionnels et les scores de choix des essais au cours desquels les participants ont effectué un choix avantageux. Nous avons

restreint nos analyses aux choix avantageux car les participants n'ont pas suffisamment choisi les roues désavantageuses.

Les scores émotionnels et les scores de choix ont été obtenus en soustrayant les scores obtenus au feedback partiel de ceux obtenus au feedback complet (cf. Habib et al., 2012 et Weisberg & Beck, 2010). Ainsi, les scores émotionnels et les scores de choix étaient compris entre -6 et +6. Ces scores ont été analysés en fonction de 4 types de résultats : (i) une condition de *soulagement social minimal*, pour laquelle les participants ont obtenu une perte faible sur la roue sélectionnée tandis que le concurrent a obtenu une perte plus élevée, (ii) une condition de *regret social minimal*, pour laquelle les participants ont obtenu un gain faible sur la roue sélectionnée tandis que le concurrent a obtenu un gain plus élevé, (iii) une condition de *soulagement social maximal*, pour laquelle les participants ont obtenu un gain faible sur la roue sélectionnée, tandis que le concurrent a obtenu une perte élevée et (iv) une condition de *regret social maximal*, pour laquelle les participants ont obtenu une perte faible sur la roue sélectionnée tandis que le concurrent a obtenu un gain élevé.

Nous avons tout d'abord effectué des tests T de Student pour chacune de nos quatre conditions afin de déterminer si les scores émotionnels et les scores de choix différaient significativement de zéro. Toutes les valeurs des p ont été corrigées à l'aide de la procédure de Bonferroni. Puis, nous avons effectué une ANOVA sur les scores émotionnels et sur les scores de choix afin d'étudier les changements développementaux dans le ressenti du regret et du soulagement.

### *Analyse des scores émotionnels*

Pour les scores émotionnels, les scores négatifs reflètent le ressenti du regret, tandis que les scores positifs reflètent le ressenti du soulagement. Les scores émotionnels diffèrent de zéro dans la condition de regret minimal pour les enfants,  $M = -1,92$ ,  $t(17) = -5,88$ ,  $p < .001$ , les adolescents  $M = -1,44$ ,  $t(17) = -3,70$ ,  $p < .01$  et les adultes  $M = -1,61$ ,  $t(17) = -4,37$ ,  $p < .005$  (cf. Figure 45, ci-dessous). Dans la condition de regret maximal, l'expression du regret est significative pour les enfants,  $M = -2,21$ ,  $t(17) = -4,42$ ,  $p < .005$  et les adultes,  $M = -2,73$ ,  $t(17) = -7,64$ ,  $p < .001$ . Dans la condition de soulagement minimal et de soulagement maximal, les scores émotionnels diffèrent de zéro pour les adolescents  $M = 1,41$ ,  $t(17) = 5,58$ ,  $p < .001$  et  $M = 0,70$ ,  $t(17) = 3,37$ ,  $p < .05$  respectivement, et les adultes  $M = 0,97$ ,  $t(17) = 3,39$ ,  $p < .005$  and  $M = 0,64$ ,  $t(17) = 3,31$ ,  $p < .05$  respectivement. Aucune autre différence développementale n'est significative. Les données manquantes pour une condition donnée ont

été remplacées par les moyennes obtenues à cette condition, pour un sujet donné. Les analyses supplémentaires effectuées ont révélé un pattern de résultats similaire.

L'ANOVA à mesures répétées effectuée selon le plan 3 Ages (enfants, adolescents et adultes) x 4 Résultats (soulagement minimal, soulagement maximal, regret minimal et regret maximal) sur les scores émotionnels a révélé que ces scores différaient selon le groupe d'âge,  $F(2,51) = 12,64$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .33$  et en fonction des quatre types de résultats,  $F(3,153) = 51,01$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .50$ , ainsi qu'une interaction significative entre l'âge et le résultat,  $F(6,153) = 2,36$ ,  $p < .05$ ,  $\eta_p^2 = .08$ .

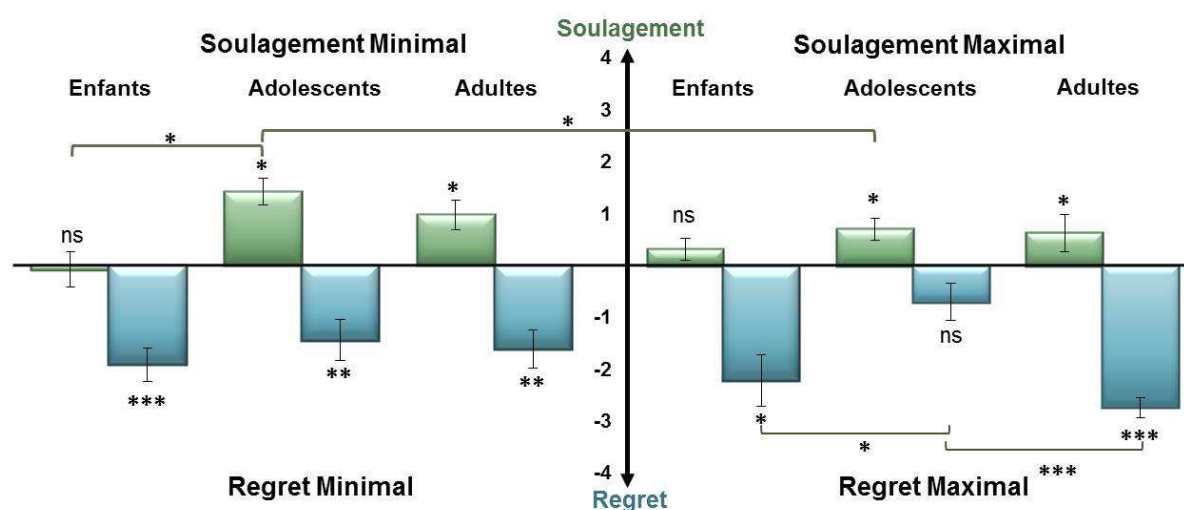


Figure 45 : Scores émotionnels moyens, obtenus en soustrayant les résultats de l'échelle 1 (feedback partiel) de ceux de l'échelle 2 (feedback complet), suite aux choix avantageux. Les scores émotionnels ont été analysés en fonction de quatre conditions : soulagement minimal, regret minimal, soulagement maximal et regret maximal. Afin d'étudier le regret et le soulagement, nous avons effectué des comparaisons à zéro à l'aide du test T de Student, corrigé par Bonferroni (ns non significatif, \* $p < .05$ , \*\* $p < .005$  et \*\*\* $p < .001$ ).

Les comparaisons planifiées effectuées à titre d'analyse post-hoc ont révélé que le score moyen des adolescents dans la condition de regret maximal est inférieur à celui des enfants,  $F(1,51) = 6.78$ ,  $p < .05$ ,  $d = 0,82$  et à celui des adultes,  $F(1,51) = 12,32$ ,  $p < .001$ ,  $d = 1,34$ . Dans la condition de soulagement minimal, le score moyen des adolescents est plus élevé que le score moyen des enfants,  $F(1,51) = 12,98$ ,  $p < .001$ ,  $d = 1,19$ . Dans la condition de regret maximal, les comparaisons planifiées ont révélé une tendance quadratique entre l'âge et l'expression du regret, mettant en évidence un pattern développemental en forme de U,  $F(1,51) = 12,46$ ,  $p < .001$ , mais aucune tendance linéaire,  $F(1,51) < 1$ . Par ailleurs, les adolescents ont exprimé un soulagement plus faible dans la condition de soulagement maximal par rapport à la condition de soulagement minimal,  $F(1,51) = 6,18$ ,  $p < .05$ ,  $d = 0,71$ . Aucune autre différence développementale n'est significative.

### Analyse des scores de choix

Pour les scores de choix, les scores négatifs reflètent la volonté de modifier son choix, tandis que les scores positifs reflètent la volonté de maintenir son choix (cf. Figure 46, ci-dessous). Dans la condition de regret minimal, les adolescents et les adultes ont exprimé la volonté de reconsidérer leur choix,  $M = -1,75$ ,  $t(17) = -3,71$ ,  $p < .01$  et  $M = -1,97$ ,  $t(17) = -4,57$ ,  $p < .005$ , respectivement. Dans la condition de regret maximal, seuls les adultes ont exprimé le souhait de modifier leur choix initial,  $M = -1,75$ ,  $t(17) = -3,71$ ,  $p < .01$ . Dans la condition de soulagement minimal, les adolescents et les adultes ont exprimé le souhait de maintenir leur choix initial,  $M = 0,80$ ,  $t(17) = 9,79$ ,  $p < .05$  and  $M = 1,14$ ,  $t(17) = 3,57$ ,  $p < .01$  respectivement, alors qu'ils n'ont pas exprimé un tel souhait dans la condition de soulagement maximal. Aucune autre différence développementale n'est significative.

L'ANOVA à mesures répétées effectuée selon le plan 3 Ages (enfants, adolescents et adultes) x 4 Résultats (soulagement minimal, soulagement maximal, regret minimal et regret maximal) sur les scores émotionnels a révélé que ces scores différaient selon le type de résultats,  $F(3,153) = 22,21$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .30$ , mais pas en fonction de groupe d'âge  $F(2,51) = 1.13$ ,  $p = .33$ . De plus, l'âge des participants affecte de façon différente les scores de choix en fonction des quatre types de résultats,  $F(6,153) = 2,67$ ,  $p < .05$ ,  $\eta_p^2 = .09$ .

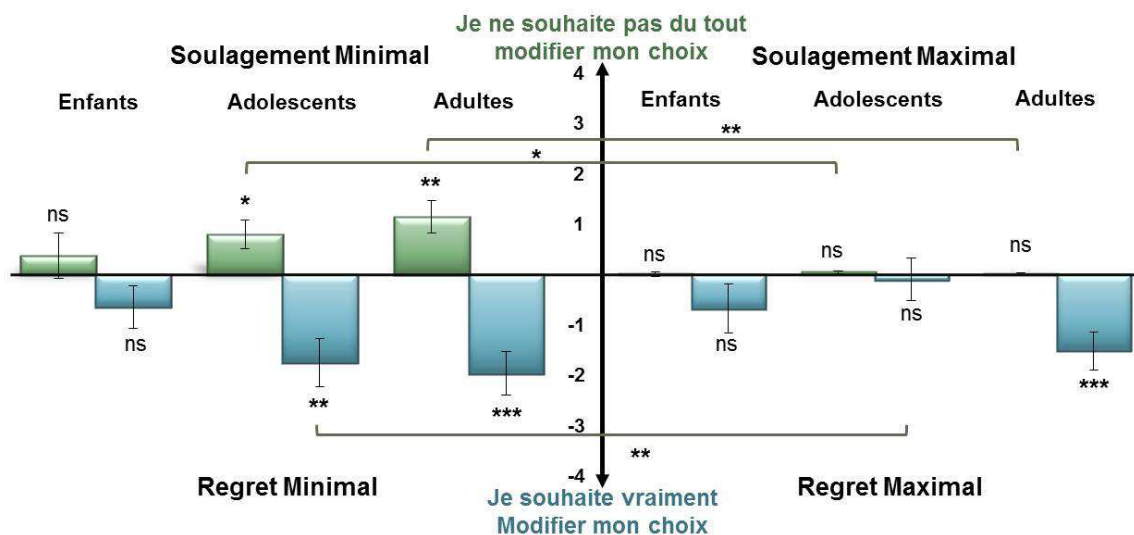


Figure 46 : Scores de choix moyens, obtenus en soustrayant les résultats de l'échelle 1 (feedback partiel) de ceux de l'échelle 2 (feedback complet), suite aux choix avantageux. Les scores émotionnels ont été analysés en fonction de quatre conditions : soulagement minimal, regret minimal, soulagement maximal et regret maximal. Afin d'étudier le regret et le soulagement, nous avons effectué des comparaisons à zéro à l'aide du test T de Student, corrigé par Bonferroni (ns non significatif, \* $p < .05$ , \*\* $p < .005$  et \*\*\* $p < .001$ ).

Les comparaisons planifiées ont révélé que le score moyen des adolescents dans la condition de regret maximal est inférieur à celui obtenu dans la condition de regret minimal,  $F(1,51) = 9,52$ ,  $p < .01$ ,  $d = 0,67$  et inférieur à celui des adultes,  $F(1,51) = 5.33$ ,  $p < .05$ ,  $d =$



0,83. Pour les adolescents et les adultes, la volonté de maintenir son choix initial est inférieure dans la condition de soulagement maximal par rapport à la condition de soulagement minimal,  $F(1,51) = 4,51$ ,  $p < .05$ ,  $d = 0,63$  et  $F(1,51) = 10,53$ ,  $p < .005$ ,  $d = 0,83$  respectivement. Aucune autre différence développementale n'était significative.

Enfin, on pourrait soutenir que l'absence de résultat significatif chez l'enfant est liée à un manque de compréhension de l'échelle de choix. Cependant, nous n'avons pas noté d'effet de l'âge lors de l'analyse de l'échelle de choix 1 (suite au feedback partiel),  $F(2,51) = 1,36$ ,  $p = .27$ , ni aucun effet d'interaction entre l'âge et le résultat,  $F(2,51) = 2,6$ ,  $p = .09$ , ce qui indique que le pattern développemental mis en évidence lors de l'analyse des scores de choix ne peut être attribué aux résultats du feedback partiel. De plus, ces résultats indiquent que les enfants étaient aussi aptes que les adultes et les adolescents à comprendre et à compléter l'échelle de choix.

## Discussion

L'objectif de cette étude était d'explorer l'impact d'un contexte socio-émotionnel prégnant sur le ressenti du regret social et du soulagement social à l'adolescence, comparativement aux enfants et aux adultes.

Les analyses des choix des participants montrent que les enfants, comme les adolescents et les adultes sont capables de choisir de façon avantageuse (Habib et al., 2012; Van Leijenhorst et al., 2008). Ainsi, toute différence développementale révélée par l'analyse des scores émotionnels et des scores de choix ne pourra être attribuée à des différences développementales dans les performances.

L'analyse des scores émotionnels a révélé que tous les participants ressentent du regret dans la condition de regret minimal (associant l'obtention d'un gain faible par le participant à l'obtention d'un gain élevé par le concurrent). Dans les deux conditions induisant du soulagement (au cours desquelles le participant a obtenu un résultat supérieur à celui du concurrent), les enfants n'ont pas ressenti un soulagement significatif, contrairement aux adolescents et aux adultes.

L'analyse des scores de choix révèle que les adolescents et les adultes souhaitent maintenir leur choix dans la condition de soulagement minimal et souhaitent reconsidérer leur choix dans la condition de regret minimal. Dans la condition de soulagement maximal, aucun des groupes d'âge ne souhaite maintenir son choix. Enfin, dans la condition de regret maximal, seuls les enfants et les adultes souhaitent reconsidérer leur choix. Comme cela était

attendu, les adultes souhaitent reconsidérer leur choix initial après avoir ressenti du regret et ils souhaitent maintenir leur choix initial après avoir ressenti un soulagement minimal. En revanche, bien que les adultes et les adolescents ressentent du soulagement dans la condition de soulagement maximal, ils ne souhaitent ni maintenir ni reconsidérer leur choix dans cette condition.

Le fait que les enfants n'expriment pas de soulagement dans la condition de soulagement minimal (une perte faible, associée à une perte élevée du concurrent) a déjà été observé dans des études antérieures (Habib et al., 2012; Weisberg & Beck, 2012). Cette absence de soulagement tend à confirmer que les enfants éprouvent des difficultés à distinguer deux résultats conduisant tous deux à une perte et sont focalisés sur la perte qu'ils ont obtenue sans parvenir à prendre en considération leur gain relatif. Ainsi, la saillance de l'alternative contrefactuelle peut apparaître réduite dans cette condition. Cependant, le manque de soulagement chez les enfants dans la condition de soulagement maximal est plus surprenant compte tenu du fait que plusieurs études ont montré que les enfants de cet âge sont déjà capables de ressentir du soulagement (Guttentag & Ferrell, 2008; Habib et al., 2012; Weisberg & Beck, 2010). Ce résultat semble être spécifique du soulagement social et semble être lié au fait que les participants effectuent la tâche de prise de décision dans un contexte socio-émotionnel de compétition. Dans ce contexte particulier, les enfants ne semblent pas soulagés par le gain relatif qu'ils ont obtenu par rapport à leur concurrent.

Les enfants n'ont pas exprimé une volonté significative de reconsidérer leur choix dans la condition de regret minimal. Cette dissociation entre le ressenti d'une émotion contrefactuelle et la volonté de reconsidérer un choix initial a déjà été observée dans une l'étude 3 de cette thèse (cf. p. 155) et peut être due au fait que les enfants sont focalisés sur le résultat qu'ils ont obtenu (à savoir un gain) et sont moins à même de prendre en compte l'alternative contrefactuelle (l'obtention d'un gain supérieur par leur concurrent) lorsqu'il s'agit de reconsidérer son choix et lorsque le résultat est déjà bon pour eux. D'après les données que nous avons obtenues, il semble que le ressenti du regret social et du soulagement social soient plus difficiles à prendre en compte par les enfants lorsqu'il s'agit de reconsidérer le choix effectué, par rapport au regret et au soulagement ressentis en situation de jeu individuel.

Le résultat majeur observé dans cette étude concerne le groupe des adolescents. De façon intéressante, dans la condition de regret maximal (une perte faible associée à un gain élevé du concurrent), le regret ressenti par les adolescents n'est pas significatif et est réduit par rapport au regret ressenti par les enfants et les adultes. Les adolescents, qui n'expriment

pas de regret significatif, sont par conséquent neutres par rapport à la volonté de reconsidérer leur choix initial (cf. échelle de choix). De plus, contrairement aux enfants qui n'éprouvent pas de regret, les adolescents sont non seulement capables de ressentir du soulagement mais sont aussi plus soulagés dans la condition de soulagement minimal par rapport à la condition de soulagement maximal.

Ainsi, le contexte socio-émotionnel de compétition contribue significativement à réduire le regret et à augmenter le soulagement ressenti après l'obtention d'une perte initiale, à l'adolescence spécifiquement. Ce résultat est en accord avec la proposition selon laquelle les « gains sociaux pèsent plus lourd que les pertes sociales » (Bault et al., 2008, p. 6). Lorsqu'ils effectuent un choix dans une situation de jeu individuel, les individus sont motivés par l'évitement des pertes (Kahneman & Tversky, 1979). En revanche, lorsqu'ils effectuent un choix contre un compétiteur, les adolescents semblent conduits par la recherche de récompenses plutôt que par l'évitement des pertes dans la cotation des échelles émotionnelle et de choix. En outre, l'absence de ressenti du regret a un impact direct sur la volonté des adolescents de reconsidérer leur choix initial. Ce résultat est en accord avec la proposition de Ernst et al. (2006) selon laquelle il existerait un déséquilibre, à l'adolescence, entre le système d'évitement et le système motivationnel, en faveur de ce dernier.

De façon intéressante, Amsel et al. (2006) ont également proposé qu'un contexte socio-émotionnel prégnant pouvait biaiser l'évaluation rationnelle du regret à l'adolescence. Dans cette étude, certaines situations semblent en effet être perçues comme plus désirables dans un contexte de compétition par rapport à un contexte de jeu individuel.

## Conclusion

L'atténuation du ressenti du regret et l'augmentation du ressenti du soulagement que nous avons mis en évidence, à l'adolescence spécifiquement, pourraient fournir une explication aux tendances de prise de risque observées à l'adolescence, dans la vie quotidienne. Lorsqu'ils sont en situation de compétition avec des pairs – une situation très proche de ce qui peut se produire dans la vie quotidienne – les adolescents éprouvent, semble-t-il, moins de regret et sont moins focalisés sur l'enjeu que devrait constituer l'évitement des conséquences néfastes. Ainsi, les adolescents se révèlent plus enclins à s'engager dans des comportements de prise de risque.

Les résultats de cette étude tendent à montrer qu'il serait plus difficile pour les enfants de prendre en compte le ressenti du regret social et du soulagement social lorsqu'il s'agit de

reconsidérer le choix initialement effectué, par rapport à une situation de jeu individuel. Par ailleurs, à l'adolescence, le contexte socio-émotionnel de compétition contribue significativement à réduire le regret et à augmenter le soulagement ressenti après l'obtention d'une perte.

---

# Discussion Générale

---

L'objectif général de cette thèse était (i) d'examiner l'influence du contexte socio-émotionnel sur la prise de décision à risque et la sensibilité aux gains et aux pertes, de l'enfance à l'âge adulte, (ii) mais également de s'interroger sur la dynamique développementale des Types 1 (heuristique) et 2 (analytique) de raisonnement envisagés par la théorie du double processus et de leur articulation avec la Prospect Theory.

Selon nous, afin de rendre compte de l'influence des émotions sur la sensibilité aux gains et aux pertes au cours du développement, il s'agit d'intégrer la Prospect Theory aux théories du double processus. La Prospect Theory s'étant attachée à modéliser les raisons pour lesquelles certains biais décisionnels peuvent survenir, elle correspondrait à une modélisation des processus relevant du Type 1, heuristique, intuitif et soumis à l'influence des émotions. C'est la raison pour laquelle, avec l'objectif d'étudier le rôle clé des émotions dans les processus de Type 1, nous avons d'abord examiné l'influence d'un contexte émotionnel incident sur la sensibilité aux gains et aux pertes, mais également la potentielle modulation d'un biais décisionnel classique – l'effet du cadre – chez l'adulte, puis chez l'adolescent.

Puis, toujours du point de vue de situations de prise de décision à risque, nous nous sommes intéressés au développement du ressenti d'émotions contrefactuelles négatives et positives – le regret et le soulagement – et à leur influence sur la volonté des enfants, des adolescents et des adultes de reconsidérer leur choix. Dès lors que le regret et le soulagement reposent sur une comparaison entre ce qui est advenu et ce qui aurait pu advenir, il s'agit d'émotions complexes découlant d'inférences relevant cette fois-ci des processus de Type 2.

L'objectif de notre première étude était d'examiner l'impact d'un contexte émotionnel incident positif ou négatif sur la sensibilité à l'effet du cadre chez l'adulte. Sur la base des études antérieures, nous avons fait l'hypothèse qu'un contexte émotionnel positif tendrait à augmenter la focalisation sur les gains potentiels, ce qui contribuerait à une diminution de l'impact affectif d'une perte sûre dans le cadre de perte, conduisant les participants à choisir plus fréquemment l'option sûre (de perte certaine) par rapport à une situation contrôle (sans contexte émotionnel). Ainsi, nous nous attendions à ce que la présentation d'un contexte émotionnel positif entraîne une diminution de la tendance à préférer l'option risquée dans le cadre de perte, provoquant à une réduction significative de l'effet du cadre. En revanche, nous nous attendions à ce qu'un contexte émotionnel négatif augmente la focalisation sur les pertes

potentielles, conduisant à une augmentation de l'impact émotionnel associé aux pertes sûres et à un renforcement de la tendance systématique des sujets à privilégier l'option risquée dans le cadre de perte. Les résultats de notre première étude valident l'hypothèse selon laquelle un contexte émotionnel positif contribue à réduire significativement la propension des sujets adultes aux choix risqués dans le cadre de perte. Précisons que ce contexte émotionnel positif n'affecte pas la prise de risque des individus de façon globale, mais réduit spécifiquement la prise de risque dans le cadre de perte. De telles données démontrent pour la première fois le rôle clé d'un contexte émotionnel positif dans la suppression d'un biais décisionnel aussi massif que l'effet du cadre et cela quelles que soient les sommes et les probabilités en jeu.

Selon notre interprétation, la présentation d'un contexte émotionnel positif réduit le caractère aversif d'une perte financière certaine et, à l'opposé de l'heuristique habituelle de prise de risque, conduit les sujets à sélectionner l'option sûre malgré le cadre de perte. Sur la base des résultats que nous avons obtenus, nous faisons l'hypothèse qu'un contexte émotionnel positif influence la fonction de valeur des gains et des pertes décrite par la Prospect Theory (Kahneman & Tversky, 1979; Tversky & Kahneman, 1992), contribuant à réduire la pente de la courbe dans le cadre de perte. Cette réduction de la pente de la courbe dans le cadre de perte se traduit alors par une diminution de l'aversion aux pertes.

En revanche, le contexte émotionnel négatif incident n'affecte pas la sensibilité à l'effet du cadre. En effet, les participants soumis à la présentation d'images déplaisantes présentent un pattern de prise de décision en fonction du cadre similaire à celui des sujets contrôles. Cette absence de résultat est surprenante compte tenu des résultats obtenus dans les études antérieures. Une interprétation possible serait que l'absence d'impact du contexte émotionnel négatif soit lié aux images IAPS utilisées dans notre paradigme, essentiellement choisies sur la base de leur valence (positive ou négative) et non sur la base du type d'émotion spécifique qu'elles pourraient susciter (tel que le dégoût, la peur ou la colère). Lerner et Keltner (2001) ont étudié l'influence de certaines émotions spécifiques de valence négative et ont montré que la peur et la colère, par exemple, étaient susceptibles d'influencer le jugement et la prise de décision des sujets dans des directions opposées.

Ainsi, nous avons effectué une étude complémentaire afin d'examiner l'influence de ces émotions négatives spécifiques sur la sensibilité à l'effet du cadre. Sur la base des études antérieures, nous avons fait l'hypothèse que la colère et la peur influenceraient de façon différenciée la prise de risque des individus et leur sensibilité à l'effet du cadre. Sachant que la colère tend à augmenter la prise de risque, nous nous attendions à ce qu'un contexte émotionnel de colère conduise les participants à choisir plus souvent l'option risquée. Sachant

que la peur tend au contraire à diminuer la prise de risque, nous nous attendions à ce qu'un contexte émotionnel de peur conduise à une diminution de la prise de risque. Cette recherche complémentaire nous a permis de mettre en évidence une modulation de la sensibilité à l'effet du cadre en fonction du contexte émotionnel auquel les participants ont été soumis. Nous avons en effet observé une augmentation de l'aversion au risque en cadre de gain chez les participants soumis au contexte de peur, et à l'inverse, dans le contexte de colère, une diminution de l'aversion au risque en cadre de gain, conduisant à la suppression de la sensibilité à l'effet du cadre. Il semble donc que la peur favorise l'aversion au risque, tandis que la colère favorise la prise de risque. Ainsi la première étude (1a) de cette thèse nous a permis de montrer qu'un contexte émotionnel incident positif tend à influencer la fonction de valeur en modifiant la pente de la courbe des pertes (cf. discussion de l'étude 1a, p. 116). Puis, la deuxième étude (1b) nous a permis de discriminer les effets spécifiques de deux émotions négatives (la peur et la colère) qui semblent influencer exclusivement et de manière opposée la courbe des gains.

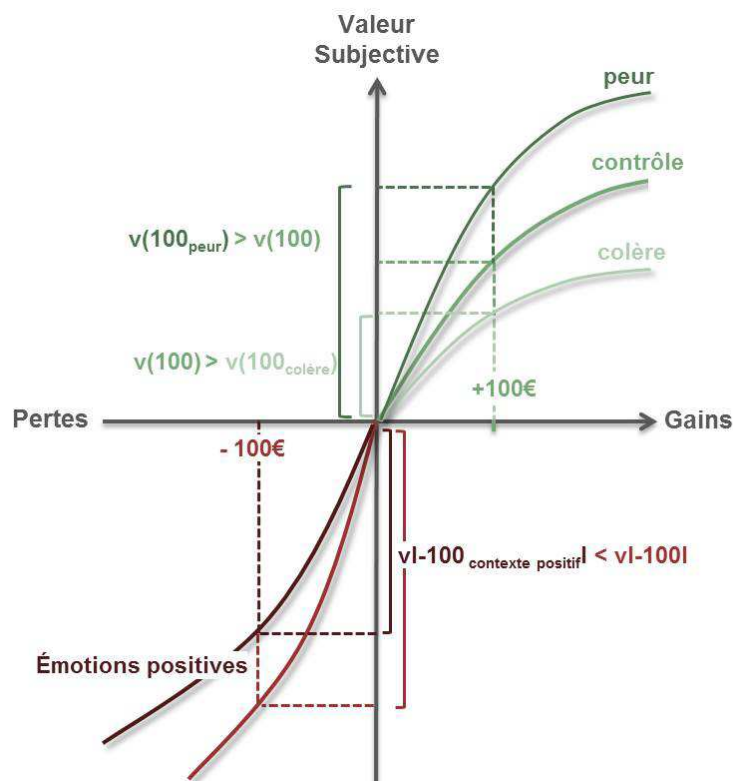


Figure 47 : Modification de la courbe de valeur des gains en fonction du contexte émotionnel auquel les participants ont été soumis. Les émotions négatives de peur et de colère influencent la courbe des gains. Tandis que la peur favorise l'aversion au risque, entraînant ainsi un choix préférentiel de l'option sûre en cadre de gain, la colère semble favoriser la prise de risque. Le contexte émotionnel positif contribuerait quant à lui à réduire la pente de la courbe dans le cadre de perte, ce qui a pour conséquence de réduire l'aversion aux pertes, entraînant ainsi la suppression de l'effet du cadre.



Levin, Xue, Weller, Reimann, Lauriola et Bechara (2012) ont proposé l'existence de processus psychologiques distincts dans la prise de décision. L'un serait influencé par l'appât du gain et l'autre serait influencé par la peur du risque suscitée par les pertes. Ces processus seraient liés à deux systèmes neuraux complémentaires. Le cortex préfrontal ventromédian et l'amygdale seraient recrutés à la fois lors du traitement des gains et lors du traitement des pertes. En revanche, la prise de décision impliquant des pertes potentielles déclencherait une réponse des structures supplémentaires, telles que l'insula et le cortex somatosensoriel primaire et secondaire. Les résultats que nous avons obtenus dans ces deux premières études semblent aller dans le sens de cette hypothèse, puisque nous avons mis en évidence une influence différenciée du contexte émotionnel en fonction de la valence, sur la courbe des gains et sur celle des pertes. Le contexte émotionnel positif semble influencer la courbe de valeur des pertes, alors que la colère et la peur semblent influencer la courbe de valeur des gains (cf. étude 1a et 1b).

Par la suite, nous avons choisi de nous intéresser à la sensibilité à l'effet du cadre à l'adolescence. L'adolescence est une période très particulière en termes de prise de risque, d'une part parce qu'il a été montré que les adolescents sont particulièrement sensibles au contexte socio-émotionnel dans lequel se déroule la tâche et d'autre part parce que certains modèles postulent l'existence d'un déséquilibre entre le système de gestion des gains et le système de gestion des pertes à cet âge de la vie. Pourtant, peu de recherches se sont intéressées à l'examen de la sensibilité à l'effet du cadre à l'adolescence. Cette étude avait pour objectif d'examiner la sensibilité à l'effet du cadre à l'adolescence, mais également de déterminer si un contexte émotionnel positif pouvait, comme chez l'adulte, moduler cette sensibilité. Pour ce faire, nous avons adapté le paradigme présenté dans notre première étude et seules les conditions contrôle et de contexte émotionnel positif ont été présentées aux participants. Les résultats que nous avons obtenus au sein du groupe contrôle montrent que les adolescents sont globalement sensibles à l'effet du cadre classique, mais que cette sensibilité varie en fonction de la somme en jeu. Nous avons ainsi mis en évidence un effet du cadre significativement plus important lorsque l'enjeu était élevé par rapport à un enjeu faible. Par ailleurs, le contexte émotionnel positif incident influence la prise de risque des adolescents de façon différenciée selon l'enjeu. Nous observons une suppression de l'effet du cadre, lorsque l'enjeu est le plus faible uniquement, avec un comportement de neutralité face au risque, quel que soit le cadre de présentation. Dans ce cas, la suppression de l'effet du cadre est liée à une diminution de la prise de risque en cadre de perte, tout comme cela a été observé chez l'adulte. Le fait que la disparition de l'effet du cadre ne s'observe que lorsque l'enjeu est

faible nous laisse supposer que le contexte émotionnel positif n'influence pas la sensibilité aux gains et aux pertes de la même façon à l'adolescence qu'à l'âge adulte et qu'il contribuerait à la fois à diminuer l'aversion aux pertes et à faire varier – en l'abaissant – le point de référence des adolescents.

Rappelons que nous avons délibérément choisi de ne pas utiliser les images IAPS déplaisantes au sein du groupe d'adolescents. D'une part, parce que c'est à l'aide de l'ajout spécifique d'un contexte positif que nous avons observé le principal résultat de l'étude 1a, correspondant à une suppression de l'effet du cadre, le contexte émotionnel négatif n'entraînant pas le même effet expérimental. D'autre part, cela nous semblait éthiquement discutable de présenter les photos à valence négative de l'IAPS à des adolescents. En revanche, les NimStim (qui sont des photographies de visages présentant une expression émotionnelle) ne présentent pas ce type d'inconvénient et pourraient à l'avenir aisément être utilisés auprès des adolescents. C'est donc par ce biais que nous souhaiterions étudier, lors de futures recherches, le rôle spécifique d'émotions négatives spécifiques afin de poursuivre l'étude de leur influence sur la sensibilité à l'effet du cadre des adolescents.

Par ailleurs, les résultats de l'étude 1b soulignent la nécessité de systématiser l'étude de l'influence d'émotions spécifiques sur la prise de décision et de ne pas baser nos analyses sur la seule information fournie par la valence émotionnelle. Ce type d'étude peut être conduit à l'aide de procédures similaires à celle utilisée dans nos études portant sur la sensibilité à l'effet du cadre, à savoir la présentation d'images à forte valence émotionnelle ou la présentation de visages, mais également avec des procédures d'induction émotionnelle reposant sur le rappel de souvenirs ou la présentation de courts extraits de films. Ces procédures présentent l'avantage de nous permettre d'étudier une plus grande variété d'émotions.

Enfin, afin d'étudier l'influence des émotions complexes intégrales sur la prise de décision et la sensibilité à l'effet du cadre (c'est-à-dire des émotions induites par le matériel ou la situation dans laquelle est placé – ou a été placé – le participant), l'utilisation d'échelles émotionnelles, mesurant directement le ressenti affectif des participants tout au long de la tâche, nous semblerait constituer un précieux outil expérimental complémentaire. Par exemple, Cheung et Mikels (2011) ont demandé aux participants soumis à une tâche dérivée de celle de De Martino et al. (2006) de préciser d'une part à quel point les émotions ont influencé leur prise de décision et d'autre part s'ils se sentaient plutôt contents ou mécontents de leur décision. Il s'avère que la prise en compte des émotions par les participants est liée à leur prise de risque. De plus, les affects positifs semblent associés à la prise de risque

spécifiquement dans le cadre de perte. Ainsi, les réactions affectives semblent être de meilleurs prédicteurs de la prise de risque des individus que leur perception du risque. Ce type d'échelles émotionnelles pourrait être utilisé afin d'étudier l'influence des émotions intégrales, mais également incidentes lors du processus de prise de décision et pourraient nous apporter un éclairage sur la sensibilité différenciée des adolescents au contexte émotionnel en fonction de l'ampleur des enjeux financiers.

Dans la suite de cette thèse, nous nous sommes intéressés à l'influence du système de gestion des pertes et des gains sur la prise de décision, à travers l'étude de deux émotions intégrales ancrées sur une analyse comparative contrefactuelle respectivement négative et positive, le regret et le soulagement. Ainsi différents groupes d'enfants, d'adolescents et d'adultes ont été confrontés à une nouvelle tâche de prise de décision à risque, applicable à nos trois groupes d'âge et induisant du regret ou du soulagement, en fonction du type de feedback présenté. Sur le plan neurocognitif, ces émotions cognitives complexes reposent sur l'implication du cortex orbitofrontal, dont la maturation se poursuit jusqu'à l'adolescence (Coricelli et al., 2007). Compte tenu de ces données, nous nous attendions à observer un développement progressif du regret et du soulagement, de l'enfance à l'âge adulte. Suite à la présentation des feedbacks, nous avons demandé aux participants de compléter à la fois une échelle émotionnelle et une échelle de choix, afin de discriminer les effets potentiels du regret et du soulagement à l'aide de deux mesures complémentaires : le ressenti de ces émotions et leur impact sur la volonté de reconsidérer ou de maintenir son choix. Cette étude nous a permis de mettre en évidence le développement progressif de l'habileté à ressentir du regret et du soulagement de l'enfance à l'âge adulte, en accord avec les données neurodéveloppementales soulignant l'implication du cortex orbitofrontal dans le ressenti du regret. En particulier, le ressenti du regret chez les enfants et les adolescents est moindre en comparaison des mesures obtenues chez l'adulte. De plus, nos résultats montrent que le regret conduit les adultes à reconsidérer leur choix initial, alors qu'un tel ajustement rétrospectif de leur décision ne s'observe pas systématiquement chez les enfants.

Enfin, sachant que le système de gestion des récompenses est fortement influencé par la prégnance du contexte socio-émotionnel, mais que peu d'études ont exploré l'influence de ce type de contexte sur le système de gestion des pertes, nous nous sommes centrés sur l'étude de l'influence du contexte socio-émotionnel sur le ressenti du regret et du soulagement. Nous avons ainsi étudié le développement du regret social et du soulagement social de l'enfance à l'âge adulte, à l'aide d'un paradigme original de compétition avec un pair. D'après nos résultats, il semble que le ressenti du regret social et du soulagement social

soient plus difficiles à prendre en compte par les enfants lorsqu'il s'agit de reconsidérer le choix effectué, par rapport au regret et au soulagement ressentis en situation de jeu individuel. Par ailleurs, à l'adolescence, un contexte socio-émotionnel prégnant de compétition contribue significativement à réduire le regret et à augmenter le soulagement ressenti après l'obtention d'une perte initiale. Ce résultat est en accord avec la proposition selon laquelle les gains sociaux seraient plus saillants, autrement dit auraient un poids plus important dans l'évaluation décisionnelle, que les pertes sociales. Lorsqu'ils effectuent un choix dans une situation de jeu individuel, les individus semblent avant tout motivés par l'évitement des pertes. En revanche, lorsqu'ils effectuent un choix contre un compétiteur, les adolescents semblent davantage conduits par la recherche de récompenses plutôt que par l'évitement des pertes, d'après nos données issues de la cotation des échelles émotionnelle et d'évaluation rétrospective des choix (cf. Figure 48, ci-dessous). Ce résultat s'accorde également avec la proposition selon laquelle il existerait un déséquilibre entre le système d'évitement et le système motivationnel, en faveur de ce dernier, à l'adolescence.

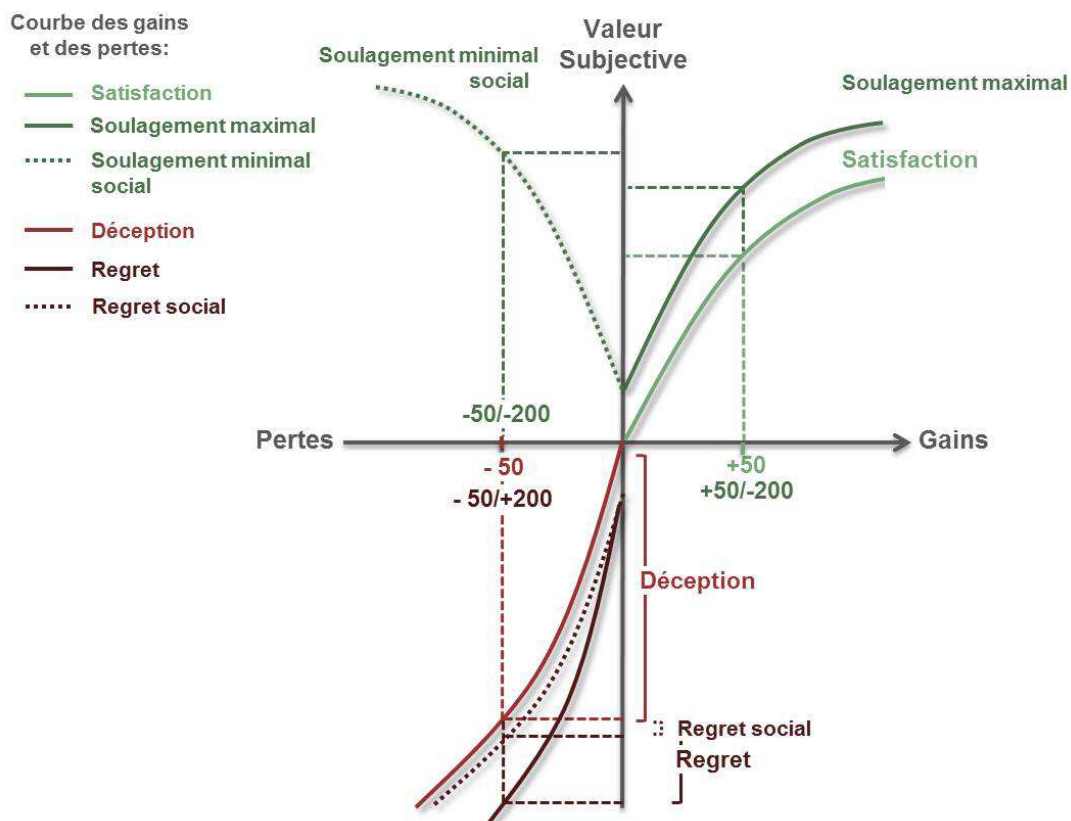


Figure 48 : Modification de la courbe de valeur des gains et des pertes en contexte de compétition sociale à l'adolescence. Un contexte socio-émotionnel prégnant de compétition contribue significativement à réduire le regret après avoir obtenu un gain faible tandis que le concurrent a obtenu un gain élevé et à augmenter le soulagement ressenti après l'obtention d'une perte faible (tandis que le concurrent a obtenu une perte plus importante).

L'atténuation du ressenti du regret et l'augmentation du ressenti du soulagement que nous avons mises en évidence à l'adolescence pourraient fournir une explication aux tendances de prise de risque plus fréquentes observées à l'adolescence. Lorsqu'ils sont en situation de compétition avec des pairs – une situation très proche de ce qui peut se produire dans la vie quotidienne – les adolescents semblent moins sensibles aux pertes, moins capables de ressentir du regret et moins focalisés sur l'importance de l'évitement des conséquences néfastes. Ainsi, ces résultats expliqueraient en partie pourquoi les adolescents semblent plus enclins à s'engager dans des comportements de prise de risque lorsque le contexte socio-émotionnel est prégnant.

### Vers une pédagogie du regret

Dans le domaine éducatif, ces dernières études peuvent nous inciter à réfléchir à des applications pédagogiques sur la base du sentiment de regret. Les adolescents sont capables de ressentir du regret, mais semblent minimiser ce sentiment en contexte social. Différentes études ont montré que le fait d'inciter les adolescents à anticiper le regret qu'ils ressentiraient après un comportement risqué – relations sexuelles non protégées ou tabagisme – contribuait significativement à réduire leur intention de s'engager dans de tels comportements (Conner et al., 2006; Richard et al., 1996). Notre étude souligne que les adolescents sont capables de ressentir du regret en contexte individuel, mais semblent minimiser ou ressentir moins fortement ce sentiment en contexte social. Sachant que l'anticipation de cette émotion joue un rôle crucial dans l'évitement (ou l'inhibition) des conduites de prise de risque (Caffray & Schneider, 2000; Houdé, 2000), il semble judicieux de prendre en compte ce sentiment lors des campagnes d'éducation et de prévention. Par ailleurs, Van der Pligt et Richard (1994) ont déjà souligné l'importance de l'intégration de l'anticipation du regret aux modèles de prévention à l'adolescence. Le ressenti du regret influençant directement la reconsidération du choix par les individus, le fait d'inciter les adolescents à anticiper le regret qu'ils ressentiraient en cas de conduites à risque pourrait les inciter à résister à ces conduites. Ce type de pédagogie est actuellement testé au Royaume-Uni par le groupe d'étude en santé sexuelle des adolescents (Studies in Adolescent Sexual Health, SASH), basé à Coventry. Ils ont mis en place différents types d'intervention en classe afin de prévenir les conduites sexuelles à risque à l'adolescence. L'une de ces interventions est justement basée sur l'anticipation du regret que les adolescents ressentiraient suite à l'absence d'utilisation de contraceptifs.

De plus, la plupart des études effectuées en psychologie du développement ont montré que le ressenti du regret est possible chez l'enfant dès 4-5 ans. L'étude 3 de cette thèse montre que l'amplitude du ressenti du regret est plus forte que l'amplitude du ressenti du soulagement, confirmant que les résultats négatifs (même relatifs) ont un impact plus fort que les gains. Ainsi, la mise en place de pédagogies basées sur la prise en compte des résultats alternatifs (ou contrefactuels) négatifs serait efficace dès l'enfance, dans des situations d'apprentissage. Certains auteurs soulignent d'ailleurs l'importance du regret dans le renforcement du contrôle cognitif chez les enfants, afin que ces derniers puissent « résister aux tentations et éviter de faire une chose qu'ils pourraient regretter » (Diamond & Lee, 2011, p. 959). Le sentiment de regret pourrait être utilisé comme une alerte exécutive permettant aux enfants, aux adolescents, mais aussi aux adultes, de réfléchir avant d'agir spontanément, de reconsidérer leur décision et de résister ainsi à certains pièges suscités par la compétition entre une stratégie heuristique et une stratégie analytique, autant d'éléments psychologiques nécessaires à un bon contrôle inhibiteur (Houdé, 2000, 2011).

A l'avenir, il serait également intéressant d'étudier plus spécifiquement l'anticipation du regret et du soulagement et leur influence sur la prise de décision des individus. Nous pourrions adapter notre paradigme afin d'étudier la période qui précède le choix, ainsi que celle qui suit le choix mais précède l'obtention du résultat par les participants. Comme nous l'avons vu dans l'introduction de cette thèse, les participants adultes sont capables d'anticiper très précisément le regret qu'ils ressentiraient (Mellers et al., 1999) et, de plus, cette anticipation influence directement les comportements d'aversion au risque (Zeelenberg & Beattie, 1997). Ainsi, l'anticipation de cette émotion pourrait jouer un rôle dans le renforcement des alertes exécutives. Enfin, dès lors que sur le plan neural, l'anticipation du regret est liée à l'activation du cortex orbitofrontal (Camille et al., 2004), dont la maturation se poursuit jusqu'à l'adolescence, cette capacité cognitive cruciale pour la prise de décision devrait être acquise tardivement. En effet, les rares études ayant examiné cette composante du regret en développement ont mis en évidence le développement tardif de cette composante (à partir de l'âge de 9-10 ans ; Guttentag & Ferrell, 2008). Cependant, les études ayant examiné les bases cérébrales du regret ne se sont pas intéressées aux réseaux neuraux activés chez l'enfant et l'adolescent. A l'avenir, il nous semble donc indispensable d'étudier les bases cérébrales de l'anticipation et du ressenti du regret et du soulagement de l'enfance à l'âge adulte à l'aide des techniques issues des neurosciences (IRMf et EEG/ERP) afin de mieux rendre compte de la dynamique neurodéveloppementale des stratégies émotionnelles, sociocognitives et exécutives de la prise de décision en situation d'incertitude.

### En conclusion

En résumé, cette thèse a permis de montrer que l'être humain n'effectue pas uniquement ses choix sur la base d'informations concrètes et formelles, comme la valeur des options ou leur probabilité d'occurrence. En effet, un contexte émotionnel subtil (la présentation de photographies plaisantes ou de visages exprimant une émotion) et indépendant de la tâche en cours, est suffisamment fort pour supprimer un biais décisionnel massif, tel que l'effet du cadre de présentation. Ainsi, si les émotions peuvent conduire aux biais, elles peuvent également permettre aux individus d'y résister.

Sur le plan développemental, nos résultats attestent que l'influence du contexte émotionnel varie en fonction de l'âge et que certains contextes peuvent avoir une influence particulière à l'adolescence. Le contexte de compétition sociale, que nous avons manipulé dans nos travaux, module le ressenti de deux émotions complexes, reposant sur un raisonnement contrefactuel – le regret et le soulagement – à l'adolescence spécifiquement. Dans ce cas, le contexte émotionnel biaise l'évaluation rationnelle des adolescents, les conduisant à évaluer certaines situations comme plus désirables, par rapport à un contexte de jeu individuel. Ce résultat pourrait expliquer la plus grande propension des adolescents à la prise de risque dans la vie quotidienne, en particulier lorsqu'ils sont en groupe.

Ainsi, dans toute situation de prise de décision et à différents âges de la vie, nos choix ne sont pas uniquement orientés par des paramètres rationnels et il est primordial de prendre en compte le contexte dans lequel les choix sont effectués afin de comprendre au mieux les paramètres qui déterminent la prise de décision des individus.



# Références

---

- Acredolo, C., O'Connor, J., Banks, L., & Horobin, K. (1989). Children's ability to make probability estimates: Skills revealed through application of Anderson's functional measurement methodology. *Child Development*, 60, 933-945.
- Aïte, A., Cassotti, M., Rossi, S., Poirel, N., Lubin, A., Houdé, O., & Moutier, S. (2012). Is human decision-making under ambiguity guided by loss frequency regardless of the costs? A developmental study using the Soochow Gambling Task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 112(2), 286-294.
- Albert, D., & Steinberg, L. (2011). Judgment and Decision Making in Adolescence. *Journal of Research on Adolescence*, 21(1), 211-224.
- Allais, M. (1953). Le Comportement de l'Homme Rationnel devant le Risque : Critique des Postulats et Axiomes de l'Ecole Americaine. *Econometrica*, 21(4), 503.
- Amsel, E., Bowden, T., Cottrell, J., & Sullivan, J. (2005). Anticipating and Avoiding Regret as a Model of Adolescent Decision Making. In J. E. Jacobs & P. A. Klaczynski (Éd.), *The development of judgment and decision making in children and adolescents*. (p. 119-156). Mahwah, NJ US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Amsel, E., & Smalley, J. D. (2000). Beyond really and truly: Children's counterfactual thinking about pretend and possible worlds. In P. Mitchel & K. J. Riggs (Éd.), *Children's reasoning and the mind* (p. 121-147). Hove, England UK: Psychology Press/Taylor & Francis.
- Bault, N., Coricelli, G., & Rustichini, A. (2008). Interdependent Utilities: How Social Ranking Affects Choice Behavior. *PLoS ONE*, 3(10), e3477.
- Bault, N., Joffily, M., Rustichini, A., & Coricelli, G. (2011). Medial prefrontal cortex and striatum mediate the influence of social comparison on the decision process. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(38), 16044 -16049.
- Barrouillet, P. (2011). Dual-process theories of reasoning: The test of development. *Developmental Review*, 31, 151-179.

- Bechara, A. (2011). Human emotions in decision making: Are they useful or disruptive? In O. Vartanian & D. R. Mandel (Éd.), *Neuroscience of decision making*. Contemporary topics in cognitive neuroscience series (p. 73-95). New York, NY US: Psychology Press.
- Bechara, A., & Damasio, A. R. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and Economic Behavior*, 52(2), 336-372.
- Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., & Lee, G. P. (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *Journal of Neuroscience*, 19(13), 5473-5481.
- Beck, S. R., Riggs, K. J., & Gorniak, S. L. (2009). Relating developments in children's counterfactual thinking and executive functions. *Thinking & Reasoning*, 15(4), 337-354.
- Bell, D. E. (1982). Regret in decision making under uncertainty. *Operations Research*, 30(5), 961-981.
- Bernoulli, D. (1738/1954). Specimen theoriae novae de mensura sortis [Exposition of a new theory on the measurement of risk]. *Econometrica*, 22, 23-36.
- Beyth-Marom, R., Austin, L., Fischhoff, B., Palmgren, C., & Jacobs-Quadrel, M. (1993). Perceived consequences of risky behaviors: adults and adolescents. *Developmental psychology*, 29(3), 549-563.
- Blanchette, I., & Richards, A. (2010). The influence of affect on higher level cognition: A review of research on interpretation, judgement, decision making and reasoning. *Cognition and Emotion*, 24(4), 561-595.
- Bourgeois-Gironde, S. (2010). Regret and the rationality of choices. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1538), 249 -257.
- Boyer, T. W. (2006). The development of risk-taking: A multi-perspective review. *Developmental Review*, 26(3), 291-345.
- Breiter, H. C., Aharon, I., Kahneman, D., Dale, A., & Shizgal, P. (2001). Functional Imaging of Neural Responses to Expectancy and Experience of Monetary Gains and Losses. *Neuron*, 30(2), 619-639.

- Burnett, S., Bault, N., Coricelli, G., & Blakemore, S.-J. (2010). Adolescents' heightened risk-seeking in a probabilistic gambling task. *Cognitive Development*, 25(2), 183-196.
- Byrne, R. M. J. (2002). Mental models and counterfactual thoughts about what might have been. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(10), 426-431.
- Cadet, B., & Chasseigne, G. (2009). Le jugement et la décision : repères historiques et notionnels. *Psychologie du Jugement et de la décision. Des Modèles aux Applications* (Première éd., p. 25-56). De Boeck Université.
- Caffray, C. M., & Schneider, S. L. (2000). Why do they do it? Affective motivators in adolescents' decisions to participate in risk behaviours. *Cognition and Emotion*, 14(4), 543-576.
- Camille, N., Coricelli, G., Sallet, J., Pradat-Diehl, P., Duhamel, J.-R., & Sirigu, A. (2004). The Involvement of the Orbitofrontal Cortex in the Experience of Regret. *Science*, 304(5674), 1167-1170.
- Cassotti, M., Habib, M., Aïte, A., Poirel, N., Houdé, O., & Moutier, S. (in press). Positive emotional context eliminates the framing effect in decision-making. *Emotion*.
- Cassotti, M., Houdé, O., & Moutier, S. (2011). Developmental changes of win-stay and loss-shift strategies in decision making. *Child Neuropsychology*, 17(4), 400-411.
- Cassotti, M., & Moutier, S. (2010). How to explain receptivity to conjunction-fallacy inhibition training: Evidence from the Iowa Gambling Task. *Brain and Cognition*, 72(3), 378-384.
- Casey, B. J., Getz, S., & Galvan, A. (2008). The adolescent brain. *Developmental Review*, 28(1), 62-77.
- Chein, J., Albert, D., O'Brien, L., Uckert, K., & Steinberg, L. (2011). Peers increase adolescent risk taking by enhancing activity in the brain's reward circuitry. *Developmental Science*, 14(2), F1-F10.
- Cheung, E., & Mikels, J.A. (2011). I'm Feeling Lucky: The Relationship between Affect and Risk-Seeking in the Framing Effect. *Emotion*, 4, 852-859.
- Chua, H. F., Gonzalez, R., Taylor, S. F., Welsh, R. C., & Liberzon, I. (2009). Decision-related loss: Regret and disappointment. *NeuroImage*, 47(4), 2031-2040.

- Conner, M., Sandberg, T., McMillan, B., & Higgins, A. (2006). Role of anticipated regret, intentions and intention stability in adolescent smoking initiation. *British Journal of Health Psychology*, *11*, 85-101.
- Connolly, T., & Zeelenberg, M. (2002). Regret in decision making. *Current Directions in Psychological Science*, *11*(6), 212–216
- Conty, L., Gimmig, D., Belletier, C., George, N., & Huguet, P. (2010). The cost of being watched: Stroop interference increases under concomitant eye contact. *Cognition*, *115*, 133-139.
- Coricelli, G., Critchley, H. D., Joffily, M., O’Doherty, J. P., Sirigu, A., & Dolan, R. J. (2005). Regret and its avoidance: A neuroimaging study of choice behavior. *Nature Neuroscience*, *8*(9), 1255-1262.
- Coricelli, G., Dolan, R. J., & Sirigu, A. (2007). Brain, emotion and decision making: the paradigmatic example of regret. *Trends in Cognitive Sciences*, *11*(6), 258-265.
- Dahl, R. E. (2004). Adolescent brain development: a period of vulnerabilities and opportunities. Keynote address. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1021*, 1-22.
- Damasio, A. R. (1994). Descartes error and the future of human life. *Scientific American*, *271*(4), 144-145.
- Damasio, A R. (1996). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *351*(1346), 1413-1420.
- De Martino, B., Camerer, C. F., & Adolphs, R. (2010). Amygdala Damage Eliminates Monetary Loss Aversion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(8), 3788-3792.
- De Martino, B., Kumaran, D., Seymour, B., & Dolan, R. J. (2006). Frames, Biases, and Rational Decision-Making in the Human Brain. *Science*, *313*(5787), 684-687.
- De Martino, B., Harrison, N. A., Knafo, S., Bird, G., & Dolan, R. J. (2008). Explaining enhanced logical consistency during decision making in autism. *Journal of Neuroscience*, *28*, 10746 –10750.

- De Neys, W. (2006). Dual processing in reasoning: two systems but one reasoner. *Psychological Science*, 17(5), 428-433.
- De Neys, W., Vartanian, O., & Goel, V. (2008). Smarter Than We Think: When Our Brains Detect That We Are Biased. *Psychological Science*, 19(5), 483-489.
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science*, 318(5855), 1387-1388.
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333(6045), 959 -964.
- Dreher, J.-C. (2007). Sensitivity of the brain to loss aversion during risky gambles. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(7), 270-272.
- Epstude, K., & Roese, N. J. (2008). The functional theory of counterfactual thinking. *Personality and Social Psychology Review*, 12(2), 168-192.
- Ernst, M., Nelson, E. E., Jazbec, S., McClure, E. B., Monk, C. S., Leibenluft, E., Blair, J., et al. (2005). Amygdala and nucleus accumbens in responses to receipt and omission of gains in adults and adolescents. *NeuroImage*, 25(4), 1279-1291.
- Ernst, M., Pine, D. S., & Hardin, M. G. (2006). Triadic model of the neurobiology of motivated behavior in adolescence. *Psychological medicine*, 36(3), 299-312.
- Evans, J. S. B. T. (1998). Matching bias in conditional reasoning : Do we understand it after 25 years ? *Thinking & reasoning*, 4(1), 45-82.
- Evans, J. S. B. T. (2003). In two minds: dual-process accounts of reasoning. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(10), 454-459.
- Evans, J. S. B. T. (2008). Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 255-278.
- Evans, J. S. B. T. (2011). Dual-process theories of reasoning: Contemporary issues and developmental applications. *Developmental Review*, 31(2-3), 86-102.
- Evans, J. S. B. T. (2012). Questions and challenges for the new psychology of reasoning. *Thinking & Reasoning*, 18(1), 5-31.
- Fagley, N. S. (1993). A note concerning reflection effects versus framing effects. *Psychological Bulletin*, 113(3), 451-452.

- Galvan, A. (2010). Adolescent development of the reward system. *Frontiers in human neuroscience*, 4:6, 1-9.
- Galvan, A., Hare, T. A., Parra, C. E., Penn, J., Voss, K., Glover, G., & Casey, B. J. (2006). Earlier Development of the Accumbens Relative to Orbitofrontal Cortex Might Underlie Risk-Taking Behavior in Adolescents. *The Journal of Neuroscience*, 26(25), 6885-6892.
- Galvan, A., Hare, T., Voss, H., Glover, G., & Casey, B. J. (2007). Risk-taking and the adolescent brain: who is at risk? *Developmental Science*, 10(2), F8-F14.
- Galvan, A., Van Leijenhorst, L., & McGlennen, K. M. (2012). Considerations for imaging the adolescent brain. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2(3), 293-302.
- Gardner, M., & Steinberg, L. (2005). Peer Influence on Risk Taking, Risk Preference, and Risky Decision Making in Adolescence and Adulthood: An Experimental Study. *Developmental Psychology*, 41(4), 625-635.
- Gauffroy, C., & Barrouillet, P. (2009). Heuristic and analytic processes in mental models for conditional: An integrative developmental theory. *Developmental Review*, 29, 249–282.
- German, T. P. (1999). Children's causal reasoning: Counterfactual thinking occurs for « negative » outcomes only. *Developmental Science*, 2(4), 442-447.
- Gilovich, T., Medvec, V. H., & Kahneman, D. (1998). Varieties of regret: A debate and partial resolution. *Psychological Review*, 105(3), 602-605.
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., Nugent, T. F., et al. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(21), 8174 -8179.
- Guitart-Masip, M., Talmi, D., & Dolan, R. (2010). Conditioned associations and economic decision biases. *NeuroImage*, 53(1), 206-214.
- Guttentag, R., & Ferrell, J. (2004). Reality Compared With Its Alternatives: Age Differences in Judgments of Regret and Relief. *Developmental Psychology*, 40(5), 764-775.
- Guttentag, R., & Ferrell, J. (2008). Children's understanding of anticipatory regret and disappointment. *Cognition and Emotion*, 22(5), 815-832.

- Habib, M., Cassotti, M., Borst, G., Simon, G., Pineau, A., Houdé, O., & Moutier, S. (2012). Counterfactually mediated emotions: A developmental study of regret and relief in a probabilistic gambling task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 112, 265-274.
- Harbaugh, W. T., Krause, K., & Vesterlund, L. (2002). Risk Attitudes of Children and Adults: Choices Over Small and Large Probability Gains and Losses. *Experimental Economics*, 5(1), 53-84.
- Harlé, K. M., & Sanfey, A. G. (2007). Incidental sadness biases social economic decisions in the Ultimatum Game. *Emotion*, 7(4), 876-881.
- Harris, P. L., German, T., & Mills, P. (1996). Children's use of counterfactual thinking in causal reasoning. *Cognition*, 61(3), 233-259.
- Heukelom, F. (2007). Kahneman and Tversky and the Origin of Behavioral Economics. *SSRN eLibrary*.
- Hoelzl, E., & Loewenstein, G. (2005). Wearing out your shoes to prevent someone else from stepping into them: Anticipated regret and social takeover in sequential decisions. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 98(1), 15-27.
- Houdé, O. (1995). *Rationalité, développement et inhibition : un nouveau cadre d'analyse*. Paris : Presses Universitaires de France – PUF.
- Houdé, O. (1997). The problem of deductive competence and the inhibitory control of cognition. *Current Psychology of Cognition*, 16(1-2), 108-113.
- Houdé, O. (2000). Inhibition and cognitive development: object, number, categorization, and reasoning. *Cognitive Development*, 15(1), 63-73.
- Houdé, O. (2007). First insights on « neuropedagogy of reasoning ». *Thinking & Reasoning*, 13, 81-89.
- Houdé, O. (2011). *La psychologie de l'enfant* (5<sup>e</sup> éd.). Paris : Presses Universitaires de France - PUF.
- Houdé, O., & Guichart, E. (2001). Negative priming effect after inhibition of number/length interference in a Piaget-like task. *Developmental Science*, 4(1), 119-123.
- Houdé, O., & Moutier, S. (1996). Deductive reasoning and experimental inhibition training : the case of the matching bias. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 15(4), 409-434.



- Houdé, O., & Moutier, S. (1999). Deductive reasoning and experimental inhibition training : The case of the matching bias. New data and reply to Girotto. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 18(1), 75-85.
- Houdé, O., & Tzourio-Mazoyer, N. (2003). Neural foundations of logical and mathematical cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(6), 507-514.
- Houdé, O., Zago, L., Crivello, F., Moutier, S., Pineau, A., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2001). Access to Deductive Logic Depends on a Right Ventromedial Prefrontal Area Devoted to Emotion and Feeling: Evidence from a Training Paradigm. *NeuroImage*, 14(6), 1486-1492.
- Houdé, O., Zago, L., Mellet, E., Moutier, S., Pineau, A., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2000). Shifting from the perceptual brain to the logical brain: The neural impact of cognitive inhibition training. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(5), 721-728.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books.
- Isen, A. M., & Geva, N. (1987). The influence of positive affect on acceptable level of risk: The person with a large canoe has a large worry. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 39(2), 145-154.
- Isen, A. M., & Patrick, R. (1983). The effect of positive feelings on risk taking: When the chips are down. *Organizational Behavior and Human Performance*, 31(2), 194-202.
- Jacobs, J. E., & Klaczynski, P. A. (2002). The Development of Judgment and Decision Making During Childhood and Adolescence. *Current Directions in Psychological Science*, 11(4), 145-149.
- Kahneman, D., & Frederick, S. (2002). Representativeness revisited: Attribute substitution in intuitive judgment. In T. Gilovich, D. Griffin, & D. Kahneman (Éd.), *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgment.*, 49-81.
- Kahneman, D., & Frederick, S. (2007). Frames and brains: elicitation and control of response tendencies. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(2), 45-46.
- Kahneman, D., & Miller, D. T. (1986). Norm theory: Comparing reality to its alternatives. *Psychological Review*, 93(2), 136-153.

- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47(2), 263-291.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1984). Choices, values, and frames. *American Psychologist*, 39(4), 341-350.
- Koenigs, M., Young, L., Adolphs, R., Tranel, D., Cushman, F., Hauser, M., & Damasio, A. (2007). Damage to the prefrontal cortex increases utilitarian moral judgements. *Nature*, 446(7138), 908-911.
- Kuzmak, S. D. & Gelman, R. (1986). Young children's understanding of random phenomena. *Child Development*, 57, 559-566.
- Lang, P.J., Bradley, M.M., & Cuthbert, B.N. (2008). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-8. University of Florida, Gainesville, FL.
- Lerner, J. S., Gonzalez, R. M., Small, D. A., & Fischhoff, B. (2003). Effects of fear and anger on perceived risks of terrorism: A national field experiment. *Psychological Science*, 14(2), 144-150.
- Lerner, J. S., & Keltner, D. (2000). Beyond valence: Toward a model of emotion-specific influences on judgement and choice. *Cognition and Emotion*, Emotion, cognition, and decision making, 14(4), 473-493.
- Lerner, J. S., & Keltner, D. (2001). Fear, anger, and risk. *Journal of Personality and Social Psychology*, 81(1), 146-159.
- Levin, I. P., & Hart, S. S. (2003). Risk preferences in young children: early evidence of individual differences in reaction to potential gains and losses. *Journal of Behavioral Decision Making*, 16(5), 397-413.
- Levin, I. P., Xue, G., Weller, J.A., Reimann, M., Lauriola, M., & Bechara, A. (2012). A neuropsychological approach to understanding risk-taking for potential gains and losses. *Frontiers in Neuroscience*, 6(15). doi: 10.3389/fnins.2012.00015
- Loewenstein, G., Weber, E. U., Hsee, C. K., & Welch, N. (2001). Risk as feelings. *Psychological Bulletin*, 127(2), 267-286.
- Loewenstein, G., Rick, S., & Cohen, J. D. (2008). Neuroeconomics. *Annual Review of Psychology*, 59(1), 647-672.

- Loomes, G., & Sugden, R. (1982). Regret Theory: An Alternative Theory of Rational Choice Under Uncertainty. *The Economic Journal*, 92(368), 805-824.
- Lopes, L. L. (1994). Psychology and Economics: Perspectives on Risk, Cooperation, and the Marketplace. *Annual Review of Psychology*, 45(1), 197-227.
- Mandel, D. R. (2003). Counterfactuals, emotions, and context. *Cognition & Emotion*, 17, 139-159.
- Mandel, D. R., & Vartanian, O. (2011). Frames, brains, and content domains: Neural and behavioral effects of descriptive context on preferential choice. In O. Vartanian & D. R. Mandel (Éd.), *Neuroscience of decision making.*, Contemporary topics in cognitive neuroscience series (p. 45-70). New York, NY US: Psychology Press.
- Maner, J. K., & Gerend, M. A. (2007). Motivationally selective risk judgments : Do fear and curiosity boost the boons or the banes? *Organizational behavior and human decision processes*, 103(2), 256-267.
- McClure, S. M., York, M. K., & Montague, P. R. (2004). The Neural Substrates of Reward Processing in Humans: The Modern Role of fMRI. *The Neuroscientist*, 10(3), 260-268.
- Mellers, B. (2000). Choice and the relative pleasure of consequences. *Psychological Bulletin*, Psychology in the 21st Century, 126(6), 910-924.
- Mellers, B., Schwartz, A., Ho, K., & Ritov, I. (1997). Decision affect theory: Emotional reactions to the outcomes of risky options. *Psychological Science*, 8(6), 423-429.
- Mellers, B., Schwartz, A., & Ritov, I. (1999). Emotion-based choice. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(3), 332-345.
- Moutier, S. (2000). Deductive reasoning and experimental matching-bias inhibition training in school children. *Cahiers de psychologie cognitive*, 19(4), 429-452.
- Moutier, S., Angeard, N., & Houdé, O. (2002). Deductive reasoning and matching-bias inhibition training: Evidence from a debiasing paradigm. *Thinking & Reasoning*, 8(3), 205-224.
- Moutier, S., Plagne-Cayeux, S., Melot, A.-M., & Houdé, O. (2006). Syllogistic reasoning and belief-bias inhibition in school children: Evidence from a negative priming paradigm. *Developmental Science*, 9(2), 166-172.

- O'Connor, E., McCormack, T., & Feeney, A. (2011). The development of regret. *Journal of Experimental Child Psychology, 1*, 120-127.
- Pascal, B. (1670/1974). *Pensées*. Paris : Le Livre de Poche.
- Petit, O., Basso, F., Huguet, P., Plassmann, H., Oullier, O. (2011). L'apport des neurosciences de la décision à l'étude des comportements alimentaires et de l'obésité. *Médecine/Sciences, 27*, 1000-1008.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1974). *La Genèse de l'idée de hasard chez l'enfant, 2e édition*. Paris : Presses Universitaires de France - PUF.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1996). *La psychologie de l'enfant*. Quadrige. Paris : Presses Universitaires de France - PUF.
- Pieters, R., & Zeelenberg, M. (2007). A theory of regret regulation 1.1. *Journal of Consumer Psychology, 17*(1), 29-35.
- Porcelli, A. J., & Delgado, M. R. (2009). Acute stress modulates risk taking in financial decision making. *Psychological Science, 20*(3), 278-283.
- Prencipe, A., Kesek, A., Cohen, J., Lamm, C., Lewis, M. D., & Zelazo, P. D. (2011). Development of hot and cool executive function during the transition to adolescence. *Journal of Experimental Child Psychology, 108*(3), 621-637.
- Preston, S. D., Buchanan, T. W., Stansfield, R. B., & Bechara, A. (2007). Effects of anticipatory stress on decision making in a gambling task. *Behavioral Neuroscience, 121*(2), 257-263.
- Preuschoff, K., Bossaerts, P., & Quartz, S. R. (2006). Neural differentiation of expected reward and risk in human subcortical structures. *Neuron, 51*(3), 381-390.
- Proust, M. (1988). *A la recherche du temps perdu, tome 2 : A l'ombre des jeunes filles en fleurs*. Folio Classique. Paris, France: Gallimard.
- Quadrel, M. J., Fischhoff, B., & Davis, W. (1993). Adolescent (in)vulnerability. *The American psychologist, 48*(2), 102-116.
- Rafetseder, E., & Perner, J. (2012). When the alternative would have been better: Counterfactual reasoning and the emergence of regret. *Cognition & Emotion, 26*(5), 800-819.

- Raghunathan, R., & Pham, M. T. (1999). All Negative Moods Are Not Equal: Motivational Influences of Anxiety and Sadness on Decision Making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 79(1), 56-77.
- Reyna, V. F. (1995). Interference effects in memory and reasoning: A fuzzy-trace theory analysis. In N. Dempster & C. J. Brainerd (Éd.), *Interference and Inhibition in Cognition* (p. 29-59). San Diego, CA, US: Academic Press.
- Reyna, V. F., & Brainerd, C. J. (1994). The origins of probability judgment: A review of data and theories. In G. Wright & P. Ayton (Éd.), *Subjective probability*. (p. 239-272). Oxford England: John Wiley & Sons.
- Reyna, V. F., & Brainerd, C. J. (1995). Fuzzy-trace theory: An interim synthesis. *Learning and Individual Differences*, 7(1), 1-75.
- Reyna, V. F., & Brainerd, C. J. (2011). Dual processes in decision making and developmental neuroscience: A fuzzy-trace model. *Developmental Review*, 31(2-3), 180-206.
- Reyna, V. F., & Ellis, S. C. (1994). Fuzzy-trace theory and framing effects in children's risky decision making. *Psychological Science*, 5(5), 275-279.
- Reyna, V. F., Estrada, S. M., DeMarinis, J. A., Myers, R. M., Stanis, J. M., & Mills, B. A. (2011). Neurobiological and memory models of risky decision making in adolescents versus young adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(5), 1125-1142.
- Reyna, V. F., & Farley, F. (2006). Risk and Rationality in Adolescent Decision Making: Implications for Theory, Practice, and Public Policy. *Psychological Science in the Public Interest*, 7(1), 1-44.
- Richard, R., Van Der Pligt, J., & De Vries, N. (1996). Anticipated Regret and Time Perspective: Changing Sexual Risk-taking Behavior. *Journal of Behavioral Decision Making*, 9(3), 185-199.
- Ritov, I. (1996). Probability of Regret: Anticipation of Uncertainty Resolution in Choice. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 66(2), 228-236.
- Roese, N. J. (1997). Counterfactual thinking. *Psychological Bulletin*, 121(1), 133-148.
- Savage, L. J. (1951). The Theory of Statistical Decision. *Journal of the American Statistical Association*, 46(253), 55.

- Savage, L. J. (1954). *Foundations of statistics*. Oxford, England: Wiley.
- Schlottmann, A. (2001). Children's probability intuitions: Understanding the expected value of complex gambles. *Child Development*, 72(1), 103-122.
- Schlottmann, A., & Tring, J. (2005). How children reason about gains and losses: Framing effects in judgment and choice. *Swiss Journal of Psychology*, 64(3), 153-171.
- Schwartz, B., Ward, A., Monterosso, J., Lyubomirsky, S., White, K., & Lehman, D. R. (2002). Maximizing versus satisficing: happiness is a matter of choice. *Journal of Personality and Social Psychology*, 83(5), 1178-1197.
- Shiv, B., Loewenstein, G., Bechara, A., Damasio, H., & Damasio, A. R. (2005). Investment Behavior and the Negative Side of Emotion. *Psychological Science*, 16(6), 435-439.
- Siegler, R. S. (1999). Strategic development. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(11), 430-435.
- Siegler, R. S. (1981). Developmental sequences within and between concepts. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 46(2, Serial No. 189).
- Slovic, P., Finucane, M., Peters, E., & MacGregor, D. G. (2002). The affect heuristic. In T. Gilovich, D. Griffin, & D. Kahneman (Éd.), *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgment*. (p. 397-420). New York, NY US: Cambridge University Press.
- Smith, C. A., & Ellsworth, P. C. (1985). Patterns of cognitive appraisal in emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48(4), 813-838.
- Sokol-Hessner, P., Hsu, M., Curley, N. G., Delgado, M. R., Camerer, C. F., & Phelps, E. A. (2009). Thinking like a trader selectively reduces individuals' loss aversion. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(13), 5035-5040.
- Spiess, J., Etard, O., Mazoyer, B., Tzourio-Mazoyer, N., & Houdé, O. (2007). The skin-conductance component of error correction in a logical reasoning task. *Current Psychology Letters: Behaviour, Brain & Cognition*, 23(3).
- Stanovich, K. E., West, R. F., & Toplak, M. E. (2011). The complexity of developmental predictions from dual process models. *Developmental Review*, 31(2-3), 103-118.
- Steinberg, L. (2007). Risk taking in adolescence: New perspectives from brain and behavioral science. *Current Directions in Psychological Science*, 16(2), 55-59.

- Steinberg, L. (2008). A social neuroscience perspective on adolescent risk-taking. *Developmental Review*, 28(1), 78-106.
- Talmi, D., Hurlemann, R., Patin, A., & Dolan, R. J. (2010). Framing effect following bilateral amygdala lesion. *Neuropsychologia*, 48(6), 1823-1827.
- Thaler, R. (1980). Toward a positive theory of consumer choice. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 1(1), 39-60.
- Tom, S. M., Fox, C. R., Trepel, C., & Poldrack, R. A. (2007). The neural basis of loss aversion in decision-making under risk. *Science*, 315(5811), 515-518.
- Tottenham, N., Tanaka, J. W., Leon, A. C., McCarry, T., Nurse, M., Hare, T. A., Marcus, D. J., Westerlund, A., Casey, B. J., Nelson, C. (2009). The NimStim set of facial expressions: Judgments from untrained research participants. *Psychiatry Research*, 168, 242-249.
- Tremblay, L., & Schultz, W. (1999). Relative reward preference in primate orbitofrontal cortex. *Nature*, 398(6729), 704-708.
- Trepel, C., Fox, C. R., & Poldrack, R. A. (2005). Prospect theory on the brain? Toward a cognitive neuroscience of decision under risk. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 23(1), 34-50.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, 211(4481), 453-458.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1992). Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 5(4), 297-323.
- Van Der Pligt, J., & Richard, R. (1994). Changing adolescents' sexual behaviour: perceived risk, self-efficacy and anticipated regret. *Patient Education and Counseling*, 23, 187-196.
- van Dijk, E., & Zeelenberg, M. (2005). On the psychology of «if only»: Regret and the comparison between factual and counterfactual outcomes. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 97(2), 152-160.
- van Duijvenvoorde, A. C. K., Jansen, B. R. J., Visser, I., & Huizenga, H. M. (2010). Affective and cognitive decision-making in adolescents. *Developmental Neuropsychology*, 35(5), 539-554.



- Van Leijenhorst, L., Crone, E. A., & Bunge, S. A. (2006). Neural correlates of developmental differences in risk estimation and feedback processing. *Neuropsychologia*, *Advances in developmental cognitive neuroscience*, *44*(11), 2158-2170.
- Van Leijenhorst, L., Gunther Moor, B., Op de Macks, Z. A., Rombouts, S. A. R. B., Westenberg, P. M., & Crone, E. A. (2010). Adolescent risky decision-making: neurocognitive development of reward and control regions. *NeuroImage*, *51*(1), 345-355.
- Van Leijenhorst, L., Westenberg, P. M., & Crone, E. A. (2008). A developmental study of risky decisions on the cake gambling task: Age and gender analyses of probability estimation and reward evaluation. *Developmental Neuropsychology*, *33*(2), 179-196.
- Van Leijenhorst, L., Zanolie, K., Van Meel, C. S., Westenberg, P. M., Rombouts, S. A. R. B., & Crone, E. A. (2010). What Motivates the Adolescent? Brain Regions Mediating Reward Sensitivity across Adolescence. *Cerebral Cortex*, *20*(1), 61-69.
- Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1947). *Theory of games and economic behavior* (2d rev. ed.). Princeton, NJ US: Princeton University Press.
- Wason, P. C. (1968). Reasoning about a rule. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *20*, 273-281.
- Weller, J. A., Levin, I. P., & Denburg, N. L. (2011). Trajectory of risky decision making for potential gains and losses from ages 5 to 85. *Journal of Behavioral Decision Making*, *24*, 331-344.
- Weisberg, D. P., & Beck, S. R. (2010). Children's thinking about their own and others' regret and relief. *Journal of Experimental Child Psychology*, *106*(2-3), 184-191.
- Weisberg, D. P., & Beck, S. R. (2012). The development of children's regret and relief. *Cognition & Emotion*, *26*(5), 820-35.
- Wilkening, F. (1981). Integrating, velocity, time, and distance information: A developmental study. *Cognitive Psychology*, *13*, 231-247.
- Wright, W. F., & Bower, G. H. (1992). Mood effects on subjective probability assessment. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *52*(2), 276-291.
- Yacubian, J., Gläscher, J., Schroeder, K., Sommer, T., Braus, D. F., & Büchel, C. (2006). Dissociable systems for gain- and loss-related value predictions and errors of

- prediction in the human brain. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 26(37), 9530-9537.
- Yurgelun-Todd, D. (2007). Emotional and cognitive changes during adolescence. *Current Opinion in Neurobiology*, 17(2), 251-257.
- Zajonc, R. (1980). Feeling and thinking: Preferences need no inferences. *American Psychologist*, 35(2), 151-175.
- Zeelenberg, M., & Beattie, J. (1997). Consequences of regret aversion 2: Additional evidence for effects of feedback on decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 72(1), 63-78.
- Zeelenberg, M., Beattie, J., van der Pligt, J., & de Vries, N. K. (1996). Consequences of regret aversion: Effects of expected feedback on risky decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 65(2), 148-158.
- Zeelenberg, M., Nelissen, R. M. A., Breugelmans, S. M., & Pieters, R. (2008). On emotion specificity in decision making: Why feeling is for doing. *Judgment and Decision Making*, 3(1), 18-27.
- Zeelenberg, M., & Pieters, R. (2004). Consequences of regret aversion in real life: The case of the Dutch postcode lottery. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 93(2), 155-168.
- Zeelenberg, M., & Pieters, R. (2007). A theory of regret regulation 1.0. *Journal of Consumer Psychology*, 17(1), 3-18.
- Zeelenberg, M., & van Dijk, E. (2005). On the comparative nature of regret. In D. R. Mandel, D. J. Hilton, & P. Catellani (Éd.), *The psychology of counterfactual thinking*, Routledge research international series in social psychology (p. 147-161). New York, NY US: Routledge.
- Zinck, A., & Newen, A. (2007). Classifying emotion: a developmental account. *Synthese*, 161(1), 1-25.

# Annexes

---

# Influence des émotions sur la prise de décision chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte

## Résumé

---

L'objectif général de cette thèse est (i) d'examiner l'influence du contexte socio-émotionnel sur la prise de décision à risque, chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte (ii) et de s'interroger sur la dynamique développementale des Types 1 (heuristique) et 2 (analytique) de raisonnement envisagés par les théories du double processus et de leur articulation avec la Prospect Theory. Selon nous, cette articulation permettra de mieux rendre compte de l'influence des émotions sur la sensibilité aux gains et aux pertes dans la prise de décision. Dans ce contexte, nous avons d'abord examiné l'influence d'un contexte émotionnel incident sur la sensibilité à un biais décisionnel classique, l'effet du cadre de présentation, chez l'adulte. Nous nous sommes intéressés à l'influence du contexte émotionnel du point de vue de sa valence (positive ou négative), avant d'étudier l'influence d'émotions spécifiques (la colère et la peur). Sur le plan de la valence, nos résultats mettent en évidence l'influence des émotions positives dans la disparition de l'effet du cadre, à travers la réduction de l'aversion aux pertes. Les émotions plus spécifiques ont une influence différenciée sur la prise de risque, la peur tendant à l'augmenter, tandis que la colère tend à la réduire. Puis, nous avons étudié l'influence d'émotions positives sur la sensibilité à l'effet du cadre à l'adolescence, période critique en termes de prise de risque. La sensibilité à l'effet du cadre varie en fonction des sommes en jeu, ce qui conduit à une influence différenciée du contexte émotionnel selon cet enjeu. Nous nous sommes ensuite intéressés au développement de deux émotions intégrales au processus de prise de décision, dites également contrefactuelles (le regret et le soulagement) et à leur influence sur la volonté de reconsidérer un choix. Pour ce faire, nous avons élaboré une tâche de prise de décision induisant du regret ou du soulagement et nous avons mis en évidence un développement progressif du ressenti de ces émotions et de la capacité à les prendre en compte lors de la reconsidération d'un choix antérieur. Enfin, nous avons étudié le développement du regret social et du soulagement social de l'enfance à l'âge adulte, à travers un paradigme de compétition avec un pair. Le contexte de compétition semble biaiser l'évaluation rationnelle du regret et du soulagement à l'adolescence, certaines situations étant perçues comme plus désirables par rapport à un contexte de jeu individuel. Ces résultats sont discutés en lien avec la Prospect Theory, puisque la sensibilité aux gains et aux pertes semble modulée de façon distincte, à différents stades du développement, par le contexte émotionnel.

**Mots-clés :** Prise de décision ; Emotion ; Biais décisionnel ; Regret ; Soulagement ; Développement cognitif.

## Abstract

---

The general goal of this thesis was to study (i) the influence of different socio-emotional contexts on decision-making under risk, in children, adolescents and adults and (ii) the developmental dynamics of the Types 1 (heuristic) and 2 (analytic) of reasoning within the framework of the Dual Process theories, and their articulation with the Prospect Theory. According to us, a better articulation between these two theories could account more efficiently of the influence of emotions on reward and punishment sensitivity in decision-making. Therefore, we first examined the influence of an incidental emotional context on the framing effect - a classical bias in decision-making - on adult participants. We started by studying the influence of the valence of the emotions (positive or negative) and then the influence of different specific emotions (anger and fear) on this bias. Our results revealed that the participants were no longer affected by the framing effect following an exposure to a positive emotional context, due to a decrease of risk aversion in the loss frame. The two negative emotions we considered had opposite effects on risk taking: fear tended to increase risk taking, whereas anger tended to decrease it. In a follow-up study, we investigated the influence of incidental positive emotions on the framing effect during adolescence, a critical period for risk taking. In adolescents, the framing effect was modulated by the amount of the outcome at stake, and the emotional context had different impact on this bias depending of the amount of the outcome considered. Then, we examined the development of two integral (and counterfactual) emotions, regret and relief, and how these emotions affect our willingness to reconsider a choice. We elaborated a new gambling task and we manipulated the outcome obtained by the participants to induce regret or relief. This study provided evidence that the ability to experience regret and relief and the ability to take them into consideration continue to develop during late childhood and adolescence. We finally studied the development of social regret and relief from late childhood to adulthood, using a situation of social competition (playing against a playmate). This socio-emotional context seems to bias the rational evaluation of regret and relief in adolescence, as some situations are evaluated as more desirable, as compared to the same situations in a context of individual game. These results are discussed in light of the Prospect theory, as reward and punishment sensitivity seems to be differently modulated by socio-emotional context, at each developmental stage.

**Key words:** Decision making; Emotions; Decisional bias; Regret; Relief; Cognitive development.